

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**DIPARTIMENTO DI CHIMICA APPLICATA
E SCIENZA DEI MATERIALI**

**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI
XVIII CICLO**

**EMISSIONE DI SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI
(SOV) PROVENIENTI DALLA COTTURA DI
PIASTRELLE CERAMICHE.
STUDIO DELLE RELAZIONI FRA ADDITIVI ORGANICI,
CONDIZIONI DI COTTURA ED EMISSIONE DI SOV.**

Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND/22

DOTTORANDO

Ing. Luis Fernando Bruno Marino
Borsista dal Governo Brasiliano - CAPES

RELATORE E COORDINATORE

Prof. Ing. Giorgio Timellini

2005-2006

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**DIPARTIMENTO DI CHIMICA APPLICATA
E SCIENZA DEI MATERIALI**

**DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI
XVIII CICLO**

**EMISSIONE DI SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI
(SOV) PROVENIENTI DALLA COTTURA DI
PIASTRELLE CERAMICHE.
STUDIO DELLE RELAZIONI FRA ADDITIVI ORGANICI,
CONDIZIONI DI COTTURA ED EMISSIONE DI SOV.**

Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND/22

DOTTORANDO

Ing. Luis Fernando Bruno Marino
Borsista dal Governo Brasiliano - CAPES

RELATORE E COORDINATORE

Prof. Ing. Giorgio Timellini

2005-2006

TESI DI DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA DEI MATERIALI

SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE: ING-IND/22

PAROLE CHIAVE: piastrelle ceramiche, smaltatura/decorazione, additivi organici, emissioni in atmosfera, sostanze organiche volatili.

*A mia moglie Mara,
mia figlia Lorena,
ed ai miei genitori
Luiz e Assuntina.*

INDICE	Pag.
1. SOMMARIO	1
2. INTRODUZIONE	3
3. OBIETTIVI	46
4. MATERIALI	47
4.1. Additivi organici	47
4.2. Supporti per le prove in laboratorio	52
4.3. Materiali per le prove industriali	53
4.3.1. Ceramica A	53
<i>4.3.1.1. Supporti</i>	53
<i>4.3.1.2. Mix additivi organici</i>	54
4.3.2. Ceramica B	55
<i>4.3.2.1. Supporti</i>	55
<i>4.3.2.2. Mix additivi organici</i>	56
5. METODI	58
5.1. Prove in laboratorio	58
5.1.1. Prove preliminari qualitative	58
<i>5.1.1.1. Piano delle prove</i>	59
<i>5.1.1.2. Applicazione dell'additivo: apparati, sperimentazione e procedura</i>	60
<i>5.1.1.3. Il forno da laboratorio</i>	65
<i>5.1.1.4. Metodo di prelievo fumi per le analisi delle emissioni</i>	66
<i>5.1.1.5. Prove di trattamento termico</i>	68
5.1.2. Prove quantitative	70
<i>5.1.2.1. Piano delle prove con gli additivi</i>	70
<i>5.1.2.2. Applicazione dell'additivo: apparati e procedura</i>	70
<i>5.1.2.3. Pianificazione e conduzione delle prove con provini estratti dalle piastrelle industriali</i>	71
<i>5.1.2.4. Il forno da laboratorio modificato</i>	72
<i>5.1.2.5. Condizioni operative del forno</i>	74
<i>5.1.2.6. Conduzione delle prove</i>	76
5.2. Prove su forno industriale	77
5.2.1. Pianificazione e conduzione delle prove	77
5.3. Misure sulle emissioni: metodi di prelievo ed analisi	79
5.3.1. Carbonio Organico Totale	83

5.3.1.1. Metodo campionamento dinamico	83
5.3.1.2. Metodo campionamento statico	85
5.3.2. Aldeidi	89
5.3.3. Glicoli	93
5.3.4. Composti Organici Volatili	97
5.3.5. Composti Organici Volatili in tracce	101
5.3.6. Ossido di carbonio	106
6. RISULTATI E DISCUSSIONE	108
6.1. Prove in laboratorio	108
6.1.1. Prove preliminari qualitative	108
6.1.1.1. Specifiche delle prove	108
6.1.1.2. Composizione delle emissioni	108
6.1.2. Prove quantitative	116
6.1.2.1. Additivi organici singoli	116
6.1.2.1.1. Specifiche delle prove	116
6.1.2.1.2. Composizione delle emissioni	117
6.1.2.1.3. Fattori di emissione (FE)	262
6.1.2.2. Prodotti industriali	266
6.1.2.2.1. Specifiche delle prove	266
6.1.2.2.2. Composizione delle emissioni	266
6.1.2.2.3. Fattori di emissione (FE)	281
6.2. Prove industriali quantitative	284
6.2.1. Specifiche delle prove	284
6.2.1.1. Specifiche della sperimentazione alla Ceramica A	285
6.2.1.2. Specifiche della sperimentazione alla Ceramica B	286
6.2.2. Composizione delle emissioni	291
6.2.3. Fattori di emissione (FE)	291
6.3. Discussione	295
6.3.1. Confronto dei risultati di prove qualitative e prove quantitative in laboratorio	296
6.3.2. Influenza della temperatura su evaporazione/decomposizione degli additivi: il contenuto organico residuo dopo cottura.	297
6.3.3. Descrizione delle relazioni fra additivo, emissione di sostanze organiche e temperatura di trattamento termico.	301
6.3.4. Influenza della temperatura sulla composizione dell'emissione originata dal trattamento termico degli additivi.	306
6.3.4.1. Analisi del Carbonio Organico Totale (TOC)	310
6.3.4.2. Analisi delle Aldeidi	311
6.3.4.3. Analisi dei Glicoli	314

6.3.4.4. Analisi dei Composti Organici Volatili (COV)	316
6.3.5. Prove industriali: influenza della depurazione.	321
6.3.6. Relazioni fra i risultati delle prove industriali e di laboratorio su medesimo prodotto industriale.	326
6.3.7. Andamento del Carbonio Organico Totale per i diversi additivi.	332
6.3.8. Determinazione del Carbonio Organico Totale nelle emissioni: confronto dei risultati ottenuti con i diversi metodi di campionamento.	336
6.3.9. Il Monossido di Carbonio rilevato nelle emissioni. Relazioni con additivo e temperatura trattamento termico delle prove eseguite in laboratorio.	340
6.3.10. Aspetti tossicologici delle SOV rilevate nelle emissioni gassose da trattamento termico degli additivi organici – valutazione.	346
6.3.11. Impatto odorigeno delle SOV rilevate nelle emissioni gassose.	356
7. CONCLUSIONI	359
8. PROSPETTIVE E SUGGERIMENTI PER FUTURI LAVORI	362
9. BIBLIOGRAFIA	363
10. APPENDICE	369
Appendice A – UNI EN 13526:2002 – Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa – Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma.	
Appendice B - Metodo EPA –TO-11: Determinazione di Formaldeide ed altre aldeidi mediante campionamento su fiala chemiadsorbente (DNPH) ed analisi HPLC.	
Appendice C - Metodo NIOSH 5523: Determinazione di Glicoli in effluenti gassosi mediante adsorbimento su resina XAD-7 e determinazione gascromatografica.	
Appendice D - UNI EN 13649:2002 – Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa – Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente.	
Appendice E - UNI EN ISO 16017-1:2002 – Campionamento ed analisi di composti organici volatili in forma gassosa mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa.	
Appendice F - Schede tossicologiche di SOV identificate nelle emissioni gassose da cottura di prodotti ceramici con additivi organici.	
Appendice G – Elenco delle Frasi di Rischio “R” e Consigli di Prudenza “S”.	

1. SOMMARIO

L'emissione di Sostanze Organiche Volatili (SOV) dai forni di cottura delle piastrelle di ceramica è sempre più spesso oggetto di attenzione. Associata all'uso di composti organici nella fase di smaltatura e decorazione (veicoli serigrafici, solventi, fissatori, fluidificanti, etc.) ed a caratteristiche e conduzione dei forni continui correntemente utilizzati, l'emissione di SOV provoca cattivi odori, e può contenere sostanze particolarmente tossiche.

L'emissione di sostanze maleodoranti nell'atmosfera è frequentemente causa di grave disturbo per la popolazione, causando malcontento e lamentele da parte delle comunità circostanti le sorgenti di cattivo odore.

I flussi di SOV e le loro concentrazioni nelle emissioni gassose sono generalmente assai contenuti, tanto da rendere problematico, e di dubbia efficacia rispetto alla soluzione del problema, l'impiego di tecniche di abbattimento o riduzione *a valle* come la post-combustione o l'adsorbimento su carboni attivi.

Questa ricerca si propone di agevolare la risoluzione del problema SOV con interventi *a monte*, come la progettazione e sviluppo di nuovi tipi di prodotti organici ai quali siano associati livelli più bassi di emissione di SOV odorigene e pericolose.

A questo fine si è realizzato un studio di caratterizzazione qualitativa e quantitativa delle emissioni gassose risultanti dal trattamento termico di 14 composti organici, che rappresentano i costituenti dei prodotti organici maggiormente diffusi nel settore delle piastrelle di ceramica.

La sperimentazione è stata realizzata su scala di laboratorio, con l'impiego di una metodologia appositamente sviluppata – dall'applicazione degli additivi fino al prelievo delle emissioni da analizzare. Le prove di cottura, a diverse temperature, sono state condotte in un forno elettrico continuo, in cui sono stati trattati lotti di provini di piastrelle, sui quali era stato applicato, con predefinita e controllata grammatura, ciascuno degli additivi. Le concentrazioni di SOV nell'emissione gassosa sono state determinate con tecniche di cromatografia gassosa (GC) e liquida (HPLC).

Sulla base dei risultati ottenuti, sono state studiate le correlazioni fra additivo, temperatura e qualità e quantità di SOV emesse. Alcune prove su scala industriale hanno confermato la validità della metodologia sviluppata.

Questi risultati forniscono una base per la progettazione di additivi organici ad emissione controllata di SOV, con particolare riferimento alle sostanze tossiche e odorigene.

Questa ricerca è stata svolta nell'ambito del progetto “*Controllo dell'emissione di sostanze organiche volatili (SOV) e di odori nel processo di cottura delle piastrelle di ceramica*”, finanziato dal Ministero per le Attività Produttive nell'ambito del Fondo per l'Innovazione Tecnologica, e

ha coinvolto le seguenti aziende: IPEG S.p.A., Hera S.p.A. e Smaltochimica S.r.l.

Nello sviluppo del programma generale del progetto, come pure nella conduzione delle attività previste, le aziende si sono avvalse della collaborazione scientifica e tecnica delle seguenti strutture:

- Centro Ceramico – Bologna: Centro di Ricerca e Sperimentazione per l'Industria Ceramica;
- ARPA ER - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna - Sez. Provinciale di Modena;
- ARS S.r.l. – *Analytical Research Systems*, azienda nata da competenze universitarie della Facoltà di Chimica di Bologna.

Il progetto complessivo, partendo dalla necessità di affrontare un problema con *implicazioni interdisciplinari* quale quello in esame, ha contato con il coinvolgimento e la collaborazione dei sopracitati proponenti e collaboratori, in grado di integrare competenze e conoscenze nel campo operativo e nell'area disciplinare di rispettivo interesse. In questo modo, pur nell'autonomia, individualità, essenzialità e non sovrapposizione dei programmi, si sono sfruttate interessanti sinergie e collaborazioni, che hanno portato al conseguimento degli obiettivi complessivamente previsti in modo efficiente ed efficace.

Questa tesi di dottorato comprende la ricerca svolta in una delle fasi del menzionato progetto, più specificamente la **Fase 4**: “*Studio delle correlazioni fra emissioni di SOV, condizioni di cottura e composti organici*”, svolta sotto le responsabilità operativa, tecnica e scientifica del Centro Ceramico di Bologna.

Il dottorando, borsista dal Governo Brasiliano – CAPES/MEC, ha partecipato, con funzioni sia tecniche sia di assistenza al coordinamento, all'esecuzione delle sperimentazioni in laboratorio ed in industria, ed ha avuto anche l'incarico dell'impostazione ed elaborazione dei risultati ottenuti.

2. INTRODUZIONE

L'atmosfera terrestre e l'inquinamento

L'atmosfera terrestre è costituita da una miscela di gas che circonda la Terra trattenuta dalla forza di gravità. Le caratteristiche fisiche e chimiche dell'*atmosfera* e della *geosfera* (l'ambiente della superficie terrestre nel suo insieme), determinano le condizioni climatiche del pianeta e condizionano la vita degli esseri viventi.

L'atmosfera nel suo insieme si estende per circa 10.000 km di altezza, circa una volta e mezzo il raggio terrestre medio, ma la densità dei suoi gas decresce molto rapidamente e circa il 97 % di questi ultimi si trova entro i primi 29 km. Fino ad 80 km di quota, la sua costituzione è praticamente uniforme nelle proporzioni dei suoi componenti. Questo strato inferiore prende il nome di *ommosfera*, in contrasto con l'*eterosfera*, caratterizzata da una marcata variazione nella composizione percentuale dei gas nei vari sottostrati.⁽⁵⁴⁾

Considerando il volume totale occupato dai gas, possiamo dire che l'atmosfera ha la seguente composizione percentuale:

- Azoto: 78,084 % come N₂;
- Ossigeno: 20,946 % come O₂;
- Argon: 0,934 % (Ar, gas nobile);
- Anidride carbonica: 0,033 % (CO₂);
- Gas in tracce, tra cui alcuni gas nobili (elio - He, neon - Ne, xenon - Xe, kripton - Kr), idrogeno (come H₂), metano (CH₄) e protossido d'azoto (N₂O).⁽³⁶⁾

Oltre a questi gas troviamo anche altre componenti volatili che stazionano nell'atmosfera. Uno dei più abbondanti (fino a 4 % in volume) è senz'altro il vapor acqueo, la cui abbondanza relativa determina l'umidità atmosferica.

Si può definire l'*inquinamento atmosferico* come la presenza in atmosfera di sostanze che causano un effetto misurabile sull'essere umano, sugli animali, sulla vegetazione, o sull'ambiente; queste sostanze di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono ad un livello di concentrazione inferiore.⁽⁵⁴⁾

Gli inquinanti atmosferici possono essere classificati d'accordo con la loro origine, stato fisico della materia, e composizione chimica. Si possono identificare due gruppi principali di inquinanti in base alla loro origine: quelli *antropici*, cioè prodotti dall'uomo, e quelli *naturali*. Essi possono anche essere classificati in *primari*, cioè liberati nell'ambiente come tali e conseguenza di un processo (ad esempio CO, CO₂, NO_x) e *secondari*, che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche (ad esempio lo smog fotochimico).^(54, 60)

Con riferimento allo stato della materia, gli inquinanti atmosferici vengono classificati come gassosi o particellati. Esempi di inquinanti gassosi sono ossidi di azoto (NO, NO₂), ossidi di zolfo (SO₂, SO₃), ossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), solfuro di idrogeno (H₂S), fluoruro di idrogeno (HF), cloruro di idrogeno (HCl), composti dell'ammonio (NH₄), idrocarburi, ed odori. Inquinanti particellati includono polveri di ogni tipo, fumi, misti, nebbie, e sono divisi in solidi e liquidi.⁽⁶⁰⁾

Finora sono stati catalogati circa 3000 contaminanti nell'aria, derivati per lo più dalle attività umane connesse all'utilizzo dei mezzi di trasporto, alla produzione industriale, impianti per la produzione di energia elettrica, etc.⁽⁵⁴⁾

L'industria delle piastrelle ceramiche e l'inquinamento atmosferico

L'industria delle piastrelle ceramiche non può essere considerata particolarmente inquinante se comparata con altre industrie. Considerando l'inquinamento atmosferico, il confronto dei fattori di emissione^a evidenzia che l'impatto dell'industria delle piastrelle è relativamente modesto, comunque però non si deve ignorare la severità dell'effetto cumulativo della concentrazione di molte fonti inquinanti in aree limitate, come il caso del comprensorio ceramico di Sassuolo.⁽³⁹⁾

Il Comprensorio è una zona ubicata nella fascia pedemontana delle provincie di Modena e Reggio-Emilia, in cui sono attualmente attive circa 113 aziende, per una produzione annua di circa 455 milioni di m², pari circa all' 80 % della produzione italiana e a 6,5 % della produzione mondiale di piastrelle ceramiche.^(55, 56)

Questa elevatissima concentrazione di unità produttive ceramiche, che si collega conseguentemente con livelli altissimi degli scarichi (gassosi, liquidi e solidi), originò negli anni '70 una situazione grave di compromissione ambientale nel Comprensorio. In questa zona si verificarono danni principalmente al patrimonio zootecnico (fluorosi bovina in diffusione) e agricolo, oltre a problemi di inquinamento dell'aria, dalle acque superficiali e sotterranee, del suolo.⁽⁶⁾

La lotta contro l'inquinamento da industrie ceramiche fu avviata appunto in quest'epoca, anche in adempimento alle leggi nazionali sull'inquinamento atmosferico promulgate in quel periodo (e successivamente alle leggi sull'inquinamento idrico e sui rifiuti), ma soprattutto per rimediare la situazione di grave danno ambientale verificata.⁽⁶⁾

Inizialmente le misure contro l'inquinamento furono consistite dell'adozione di rimedi "a valle" del processo produttivo. Il metodo usato

^a la quantità di sostanza inquinante emessa riferita al processo produttivo considerato nella sua globalità e nelle sue fasi tecnologiche; si esprime in termini di massa inquinante emessa, rapportata alla massa di prodotto o materia prima impiegata, o comunque ad altri parametri idonei a rappresentare il settore produttivo in esame. In: DPR 203/88 (Rif. bibliografica n. 73).

fu quello della *depurazione*, attualmente operante in tutte le industrie ceramiche italiane, che ha raggiunto risultati certamente positivi. Esaurita questa fase, il settore ceramico italiano si è orientato progressivamente verso un diverso modo di affrontare il problema. Dapprima attraverso interventi “a monte” delle emissioni inquinanti, realizzati sulle materie prime, sul ciclo produttivo e sulle tecnologie di produzione. Poi con interventi di prevenzione dell’inquinamento, mediante l’adozione di procedure ottimizzate di progettazione e di gestione degli impianti, della linea produttiva e del prodotto, di modo che la prevenzione dell’inquinamento fosse parte integrante della linea produttiva.⁽⁶⁾

Considerando le emissioni inquinanti originate dalle industrie di piastrelle ceramiche, dalle varie tappe del processo produttivo, la cottura è certamente la fase più complessa e rilevante, non solo per la quantità ma anche soprattutto per la qualità e la varietà degli inquinanti presenti.

Le emissioni dai forni di cottura sono emissioni calde dove gli inquinanti, o le sostanze presenti in tali emissioni, possono essere raggruppati in tre categorie:

- *Polveri* (di impasto e, nel caso di cottura di prodotti smaltati, di smalto) trascinate dalla corrente gassosa che circola all’interno del forno;
- *Prodotti, gassosi o particellati*, dalle reazioni o trasformazioni (degradazione, collasso ad esempio dei materiali argillosi, evaporazione e distillazione, sublimazione) che si verificano in o fra alcuni dei costituenti il supporto o lo smalto. Fra tali inquinanti vanno inclusi i composti del fluoro, del cloro, dell’ammonio, del boro, dello zolfo, il piombo ed altri metalli, le *sostanze organiche*, etc.;
- *Prodotti della combustione*: in particolare, nell’ipotesi che il combustibile utilizzato sia gas naturale, anidride carbonica e ossidi di azoto (oltre che ovviamente vapor d’acqua).⁽⁶⁾

Il monitoraggio delle emissioni inquinanti dei forni di cottura di piastrelle ceramiche è stato finora impostato, prevalentemente, sulla rilevazione di *polveri, piombo e fluoro*, inquinanti definiti “tradizionali” o “tipici” del settore industriale in esame, ed i più importanti dal punto di vista quantitativo. Però, come sopra indicato, dai processi di trattamento termico delle piastrelle vengono emessi in atmosfera varie altre sostanze, anche di natura organica.

Una particolare forma di inquinamento negli ultimi tempi individuata, e che ha avuto origine da segnalazioni di odori sgradevoli da parte di cittadini residenti nei pressi di alcune aziende ceramiche, è appunto quella connessa all’uso di sostanze organiche nei processi di decorazione ceramica, particolarmente nelle fasi di preparazione e applicazione degli smalti e dei decori.

Queste sostanze, infatti, determinano la presenza nei fumi di composti caratterizzati da odori molesti (con soglie di rilevamento olfattivo anche

piccolissime) e tossicità. La localizzazione delle fonti (sempre più vicine alle abitazioni) e la concentrazione delle stesse, come occorre nel caso del Comprensorio Ceramico di Sassuolo, sono fattori aggravanti del problema.

La smaltatura e decorazione delle piastrelle ceramiche ^(27, 28, 30)

Il rivestimento di **smalto** svolge essenzialmente due funzioni, una tecnica ed una estetica. Quella tecnica consiste principalmente nel rendere la superficie del supporto completamente impermeabile, caratteristica questa che consente una facile e completa pulizia da tutti gli agenti che possono causare sporco e macchie. La funzione estetica a sua volta, consiste, tramite il tipo di smalto ed il modo di applicarlo alla superficie, nel conferire al supporto ceramico degli effetti di brillantezza, colori, ed altri.

Gli smalti sono essenzialmente dei vetri e ne possiedono tutte le caratteristiche, alcune delle quali vengono sfruttate proprio per le finalità precedentemente esposte. La composizione degli smalti è data principalmente da:

- **Fritte** – costituiscono la base principale degli smalti. Sono dei vetri in forma frammentata, da cui i maggiori costituenti sono la silice, l'allumina, l'anidride borica, gli ossidi alcalini, gli ossidi alcalino-terrosi, ossidi di metalli pesanti, e ossidi di altri metalli.
- **Materie prime minerali** – molti ossidi possono essere aggiunti alle fritte allo scopo di ottenere caratteristiche diverse da quelle delle fritte di partenza. Questi possono essere aggiunti sotto forma di materie prime minerali, le quali più comunemente utilizzate e con specifiche motivazioni, sono l'allumina e il corindone (durezza, resistenza del vetro, opacità), il biossido di titanio (opacizzante), argille e caolini (viscosità), il quarzo (tenore di silice), il biossido di stagno (opacizzante), la wollastonite (opacizzante), l'ossido di zinco (devetrificante) ed il silicato di zirconio (opacizzante).
- **Coloranti** – sono materie prime inorganiche contenenti metalli che hanno la capacità di essere inglobati nel vetro introducendo una colorazione (metalli cromofori). Sono generalmente costituiti da ossidi di metalli pesanti o miscele di questi combinate in strutture cristalline caratteristiche, dette "pigmenti". Gli ossidi più comunemente usati tal quali come coloranti sono quelli di ferro e di manganese (bruno e rosso-bruni). I pigmenti sono costituiti da varie miscele di ossidi, tra cui i più importanti sono quelli di titanio, cromo, manganese, vanadio, antimonio, nichel, cobalto, zinco, ferro, rame, stagno, praseodimio, zirconio. A seconda degli ossidi presenti nelle varie forme cristalline si può ottenere una vastissima gamma di colorazioni – blu, verde, bruno, nero, rosa, giallo, grigio, etc.
- **Veicoli serigrafici** – nel caso di smalti per applicazioni serigrafiche, il mezzo liquido di dispersione dello smalto sotto forma di polvere non è

l'acqua, in quanto non sarebbe possibile ottenere delle sospensioni con caratteristiche di viscosità adatte alla tecnica applicativa. Si utilizzano pertanto dei liquidi con viscosità maggiore dell'acqua, ottenuti generalmente per miscela di **glicoli e poliglicoli** a base prevalentemente **etilenica e propilenica**. Spesso queste miscele contengono percentuali variabili di acqua, con cui sono perfettamente miscibili, che consentono di regolare la viscosità ed il tempo di asciugamento dopo l'applicazione. Talvolta vengono aggiunte piccole quantità di **resine o polimeri** derivati da matrici organiche per ottimizzare le caratteristiche del liquido.

- **Additivi chimici per smalti** – si tratta di sostanze, spesso di natura organica, che vengono addizionate agli smalti per dare loro proprietà particolari necessarie durante le fasi di applicazione. Non partecipano direttamente del processo di vetrificazione dello smalto ma possono conferire particolari caratteristiche ai vetri che si formano, necessarie per i successivi processi applicativi. I più comuni tra gli additivi per smalti sono: *colle* (per favorire l'adesione degli smalti ai supporti), *fluidificanti* (per abbassare la viscosità degli smalti senza alterare la densità), *sospensivanti* (per migliorare la tenuta delle sospensioni degli smalti in acqua), *fissatori* (per evitare fenomeni di distacco di smalto durante le applicazioni serigrafiche), *tensioattivi* (per modificare la tensione superficiale delle sospensioni di smalto ed evitare la formazione e la persistenza di schiume).

Le tecniche di preparazione degli smalti comprendono generalmente un trattamento di macinazione e setacciatura seguito per un stoccaggio temporaneo prima di essere usati nelle rispettive applicazioni.

Per quanto riguarda specificamente la preparazione degli **smalti serigrafici**, questi ultimi di particolare attenzione nella ricerca, vengono sottoposti anch'essi alle tecniche di macinazione e setacciatura, però siccome il mezzo idoneo per realizzare questo tipo di applicazione non è l'acqua, questi necessitano di ulteriori tappe per essere utilizzati.

Il sistema più comunemente usato è quello di eliminare l'acqua, tramite essiccatoi oppure atomizzatori, dalle barbotine degli smalti macinati e setacciati, al fine di ottenere smalti allo stato secco. Di solito tutto il processo di macinazione e successiva essiccazione viene svolto direttamente dal produttore di smalti, che dovrebbe fornire anche indicazioni sulla granulometria del prodotto.

A questo punto lo smalto può essere semplicemente miscelato col veicolo più adatto, tramite appositi miscelatori dotati di mole per la disaggregazione dei grumi che si possono formare a contatto col liquido; se invece è necessario ridurre ulteriormente la granulometria delle particelle, lo smalto può essere sottoposto ad ulteriore macinazione insieme al veicolo tramite mulini rapidi a microsferi, in grado di produrre anche

granulometrie molto fini, richieste talvolta per applicazioni serigrafiche ad alto potere di risoluzione.



Fig. 2.1 – Linea di smaltatura industriale per piastrelle ceramiche. ⁽³⁰⁾

Stesso essendo al di fuori degli scopi della presente ricerca, è però opportuno citare che vi sono diversi modi di applicare lo smalto ai prodotti ceramici; particolarmente, i metodi industriali impiegati nella smaltatura di piastrelle ceramiche, i quali avvengono durante il passaggio attraverso la *linea di smaltatura* (Fig. 2.1), possono essere ricondotti ai seguenti:

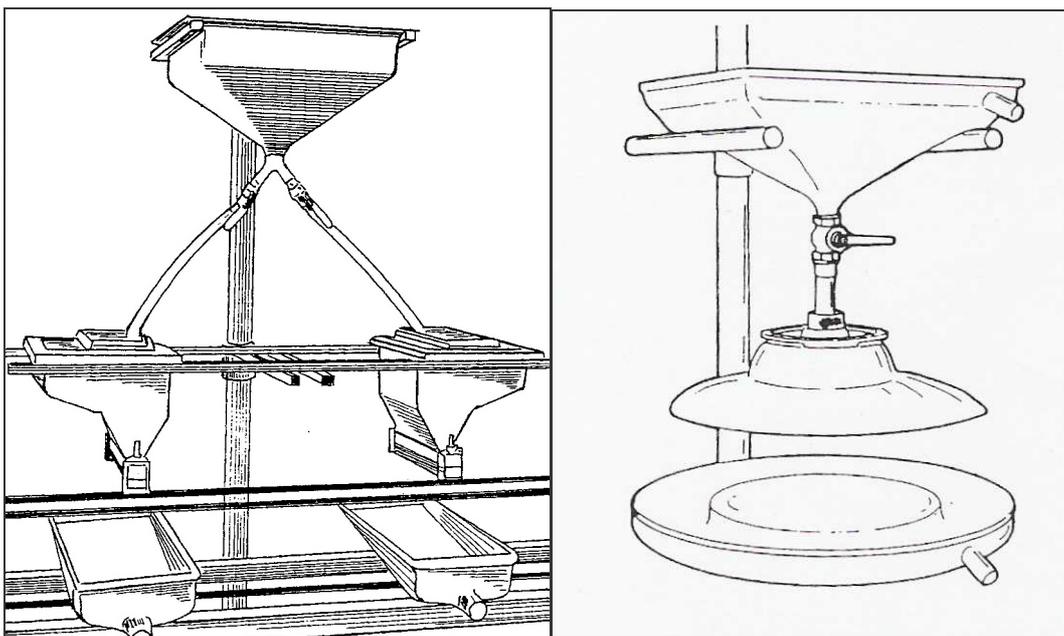


Fig. 2.2 – Applicazione smalto a velo: filiera (sinistra) e campana (destra).

- **applicazione a velo** (filiera, campana – Fig. 2.2): si genera una cascata continua di spessore uniforme e costante nel tempo, e sotto di essa si fa transitare la piastrella a velocità costante.
- **applicazione a gocce**: lo smalto viene suddiviso in gocce di dimensioni opportune prima di essere posto sulla piastrella. Vi sono diverse modalità nella generazione delle gocce, tra queste le principali sono gli applicatori a disco (Fig. 2.3), gli applicatori ad aerografo (Fig. 2.4) e l'applicazione a contatto.

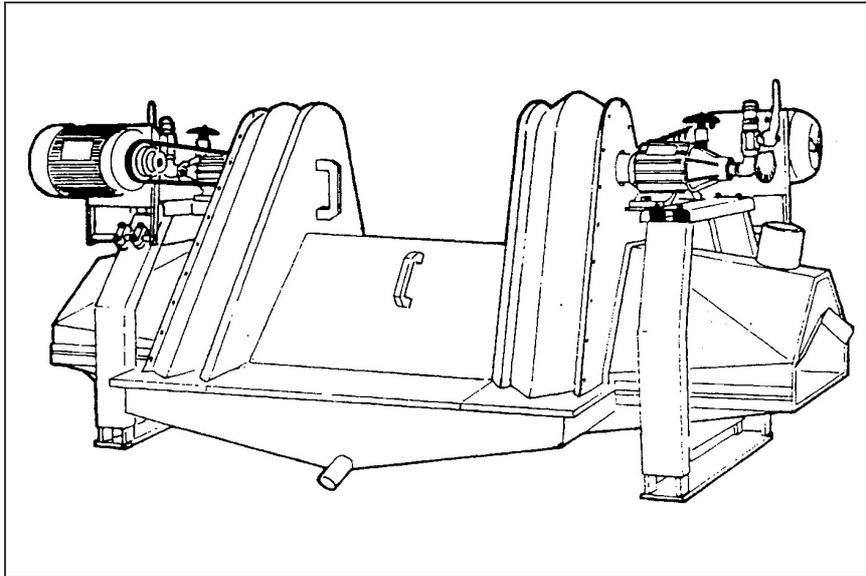


Fig. 2.3 – Cabina a disco doppio. ⁽²⁷⁾

Ciascuno di questi metodi deriva risultati particolari di stesura dello smalto, pertanto con specifiche indicazioni di impiego dentro al processo produttivo delle varie tipologie di piastrelle ceramiche. Nella Fig. 2.5 è riportato un esempio di disposizione di una linea di smaltatura e decorazione per pavimenti in monocottura. Il transito delle piastrelle attraverso la linea viene fatto tramite cinghie parallele (Fig. 2.6).



Fig. 2.4 – Applicatore ad aerografo. ⁽³⁰⁾



Fig. 2.5 – schema di smaltatura per pavimenti in monocottura.

Con il termine **decorazione** si intendono comunemente tutti quei processi applicativi di smalti, colori, inchiostri, etc. aventi come scopo la realizzazione di obiettivi estetici. Le tecniche usate per decorare industrialmente le piastrelle ceramiche sono varie e sono classificate in decorazione diretta e indiretta, secondo il modo di trasferire l'immagine voluta sull'oggetto ceramico.

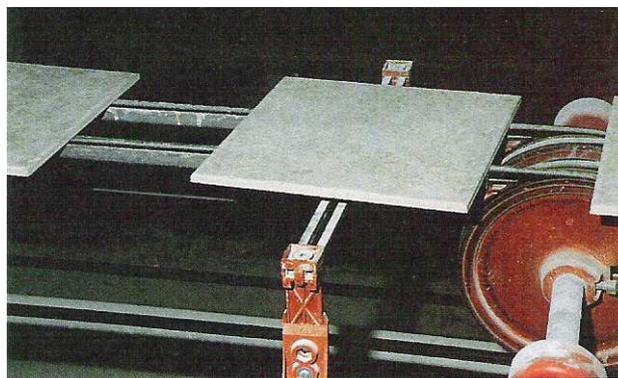


Fig. 2.6 – Linea di trasporto con coppia di cinghie parallele.⁽³⁰⁾

Considerando l'argomento della presente ricerca, ci interessano essenzialmente i processi decorativi i quali utilizzano più consistentemente composti organici, principalmente la serigrafia, per la quale si impiegano gli *inchiostri* che corrispondono alla principale carica organica nella produzione delle piastrelle ceramiche. L'attenzione viene focalizzata pertanto agli inchiostri, più specificamente ai veicoli serigrafici e additivi, nei suoi componenti e le sue proprietà.

La **serigrafia** (Fig. 2.7) è considerata ancora oggi il principale procedimento di decorazione per piastrelle ceramiche. Il processo serigrafico è abbastanza complesso ed è composto di diverse fasi riportate indicativamente nella Fig. 2.8.

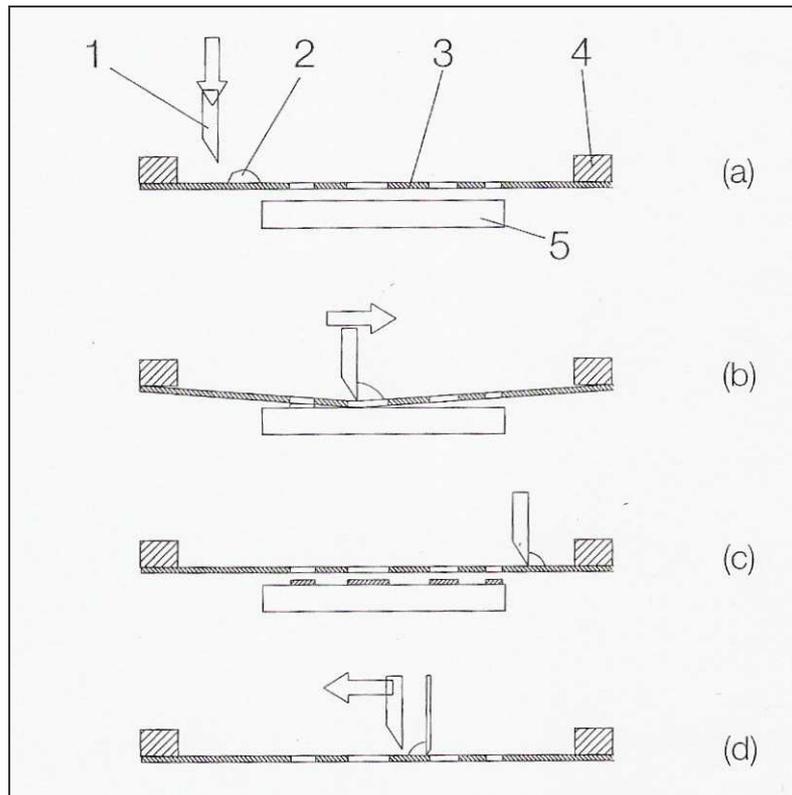


Fig 2.7 – schema funzionale della serigrafia piana: 1) racla; 2) inchiostro; 3) schermo; 4) cornice; 5) piastrella. ⁽²⁷⁾

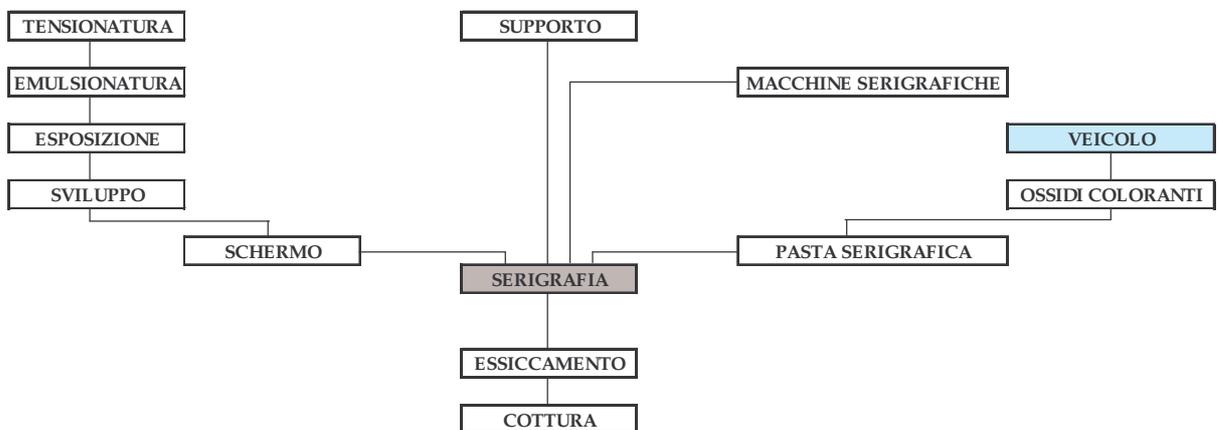


Fig 2.8 – le varie fasi del processo serigrafico.

Gli *inchiostri*, o paste serigrafiche, che si usano nelle applicazioni su piastrelle, sono costituiti da una parte solida detta “base ceramica” (polveri di composti coloranti, di fritte, etc.) tenute in sospensione da un fluido, detto “veicolo” oppure “medium”. A questi componenti vengono aggiunti degli additivi per conferire all’inchiostro le caratteristiche volute.

Il veicolo

Le polveri (fritte, materie prime, pigmenti) da applicare per via serigrafica vengono inglobate e disperse in un prodotto liquido, al fine di conferire ad esse la necessaria fluidità e mantenere la loro corretta miscelazione.

I requisiti fondamentali per un buon veicolo possono essere sintetizzati come segue:

1. deve disperdere bene la parte solida sviluppando un comportamento reologico della sospensione adatto all'applicazione serigrafica;
2. deve inoltre impedire la sedimentazione delle particelle solide;
3. non deve essiccarsi sul retino, ma tuttavia deve asciugare nei tempi dovuti dopo il deposito dell'inchiostro sulla piastrina;
4. durante la stampa la racla^a deve scorrere regolarmente senza impedimenti;
5. durante la fase di cottura la quantità di veicolo assorbita dallo strato di smalto deve fuoriuscire rapidamente, per evaporazione o combustione nel forno, onde evitare di danneggiare l'aspetto dello smalto.

Per una prima valutazione di un veicolo occorre almeno tenere in considerazione due parametri, ossia la viscosità e il tempo di asciugamento. I prodotti reperibili sul mercato sono principalmente formulati sulla base di questi parametri. Come veicoli possono essere impiegate numerose sostanze che permettono di ottenere le caratteristiche qui esposte. In commercio sono reperibili sia sostanze di base, che preparati specifici. Questi prodotti possono essere raggruppati nelle seguenti classi:

- *veicoli classici;*
- *veicoli resinati;*
- *veicoli autofissanti;*
- *veicoli speciali.*

Ad eccezione di alcuni veicoli speciali, tutti utilizzano come componente principale un **poliglicole** o un **glicole (etilenico o propilenico)**, come già citato anteriormente, che in seguito vengono trattati in dettaglio.

Il poliglicole

Il detto "poliglicole"- polietilenglicole 200 (PEG 200) o polietilenglicole 400 (PEG 400) - è uno dei prodotti più largamente usati. La classificazione dei polietilenglicoli è basata su un codice numerico che rappresenta il peso molecolare medio. I prodotti in commercio non sono sostanze pure, bensì una miscela aventi diverso grado di polimerizzazione, con distribuzione assimilabile ad una *gaussiana*.

I poliglicoli con peso molecolare fino a 600 si presentano in forma liquida, mentre quelli a peso superiore sono solidi. I PEG a basso peso molecolare

^a lama di materiale flessibile, incastrata in un portalama ed opportunamente sagomata, che svolge come funzione principale l'opposizione al moto dell'inchiostro provocando il suo ingresso nelle maglie libere dello schermo e conseguente scrittura del supporto, ben come l'asportazione d'inchiostro in eccesso.

hanno un colore chiaro, non manifestano alcun odore e sono mescolabili con l'acqua.

Al variare del peso molecolare variano alcune caratteristiche, in particolare la tensione di vapore, la igroscopicità, la solubilità in acqua diminuiscono con l'aumentare del peso molecolare; l'inverso accade per il peso specifico, la viscosità, la temperatura di fusione ed il punto di infiammabilità.

Come veicolo per serigrafia il polietilenglicole possiede caratteristiche "medie" che lo rendono utilizzabile in diverse situazioni. Di particolare interesse è il fatto che presentano una certa igroscopicità, ciò impedisce che l'inchiostro perda di plasticità nel tempo, ovviamente se ben conservato.

I glicoli etilenici (MEG e DEG)

Il glicole dietilenico (DEG) è stato impiegato in passato nella decorazione serigrafica piana (Fig. 2.9) su tutte tipologie di piastrelle. Trattandosi del veicolo tradizionale per eccellenza, oggi il suo utilizzo è ancora piuttosto diffuso.

Il glicole monoetilenico (MEG) è entrato invece a far parte della categoria dei veicoli in tempi più recenti. Rispetto al DEG presenta una volatilità più elevata che, in fase di preriscaldamento, anticipa la formazione di vapori e riduce drasticamente il pericolo di spillature^a nello smalto. E' proprio per questo motivo che il suo impiego si è diffuso.

Sia il glicole monoetilenico che quel dietilenico vengono usati con aggiunte di acqua, con concentrazioni inferiori nel caso di glicole monoetilenico e maggiori per il dietilenico. Con l'aumentare del numero di applicazioni, la riduzione del contenuto d'acqua può significare contenere l'apporto d'acqua alla piastrella entro limiti tollerabili. Anche questo fatto ha contribuito al diffondersi del MEG come veicolo.

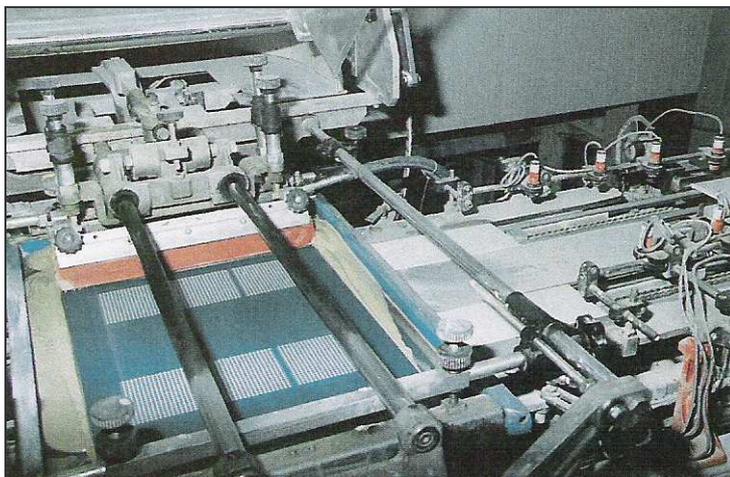


Fig. 2.9 – Macchina serigrafica a schermo piano sulla linea di smaltatura. ⁽³⁰⁾

^a Piccolissimi avvallamenti, molto somiglianti a punture di spilli, distribuiti sulla superficie smaltata della piastrella.

Il glicole propilenico (monopropilenico e dipropilenico)

I glicoli propilenici, glicole monopropilenico (MPG) e glicole dipropilenico (DPG), vengono impiegati generalmente in miscela con altri tipi di glicoli, in quanto conferiscono agli inchiostri viscosità più alte e particolarmente adatte a certi tipi di decori. Rispetto ai glicoli etilenici hanno un minor potere disperdente e quindi gli inchiostri formulati con veicoli che li contengono tendono ad avere densità più basse, anche se poi presentano viscosità più sostenute.

Il campo di impiego di questi veicoli si è recentemente allargato a seguito dell'introduzione della serigrafia con macchine rotative (Fig. 2.10), le quali avendo una bassa velocità di ratura richiedono inchiostri più viscosi del normale, i glicoli propilenici usati o come veicolo o come correttivo soddisfano la maggior parte di queste esigenze.

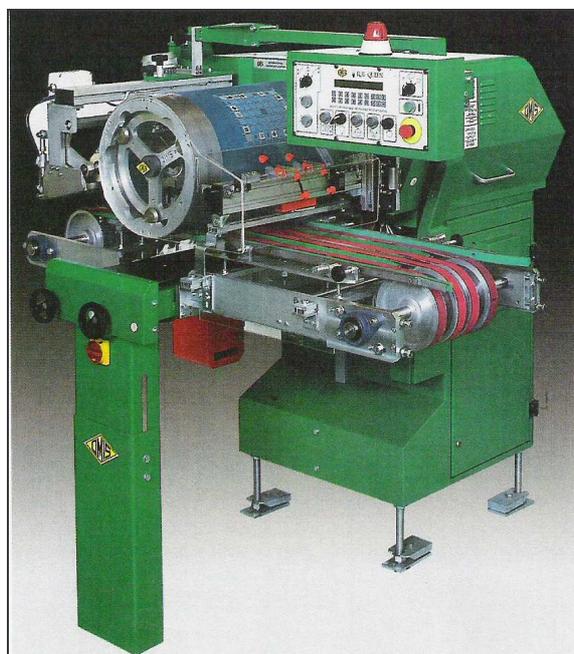


Fig. 2.10 – Macchina serigrafica a tamburo.³⁰

Il contenuto d'acqua

L'acqua è fondamentale nella costruzione di un veicolo: ha elevate proprietà solventi e contribuisce a regolare la velocità di assorbimento.

Il contenuto d'acqua dei veicoli varia in funzione soprattutto del tipo di applicazione. In monocottura è mediamente attorno al 20 % e non supera il 25 %. Per applicazioni in bicottura invece, dove non ci sono problemi di evaporazioni di parte del contenuto d'acqua dell'inchiostro poiché, al contrario della monocottura, la piastrina è a temperatura ambiente, la concentrazione d'acqua è maggiore raggiungendo anche il 30 %.

Veicoli resinati

La continua ricerca volta ad ottimizzare le condizioni di lavoro ed a raggiungere elevati livelli qualitativi del prodotto finito ha portato alla formulazione di nuovi veicoli adatti alle specifiche applicazioni nel campo della decorazione di piastrelle ceramiche. In particolare si tratta dei cosiddetti *veicoli resinati*, ossia veicoli tradizionali ai quali sono aggiunti particolari additivi (polimeri sintetici, detti comunemente “resine”) per conferire determinate proprietà, quali ad esempio:

- un comportamento reologico di tipo plastico o pseudoplastico^a, molto utile per riprodurre immagini ad elevata definizione;
- un consolidamento della immagine stampata dovuto al potere legante delle resine, molto utile quando si utilizza un numero elevato di applicazioni;
- un miglioramento della stabilità della pasta.

Per contro, talvolta, rispetto ai veicoli non resinati, si manifesta una minore capacità di trasferimento del colore, che porta ad avere toni più chiari a pari densità dell’inchiostro.

Naturalmente, agendo sulla resina e modificandone la concentrazione, è possibile ottenere le caratteristiche fisiche per le specifiche applicazioni. L’aggiunta della resina permette appunto di variare il comportamento reologico del veicolo senza alterare le sue proprietà leganti.

La gamma di veicoli resinati oggi disponibile sul mercato è molto ampia; ogni fornitore è in grado di offrire il tipo di veicolo più adatto per ogni specifica esigenza.

Veicoli autofissanti

Negli ultimi anni si è diffuso l’utilizzo di veicoli serigrafici che consentono di evitare totalmente o parzialmente l’applicazione del *fissatore*.

Tale possibilità permette di recuperare sulla linea lo spazio occupato dalle cabine del fissatore. Eliminando l’applicazione del fissatore si riducono costi e si eliminano dispositivi che, per quanto semplici, richiedono manutenzione, ricambi e qualche attenzione. Eliminare l’applicazione dei fissatori comporta inoltre la riduzione dell’apporto d’acqua, essendo essi utilizzati in soluzione acquosa.

Dal punto di vista della qualità della stampa, i *veicoli autofissanti*, se di ottima qualità, assicurano risultati grafici molto buoni.

La caratteristica di non richiedere l’applicazione di un fissatore deriva dal fatto che detti veicoli sono fortemente resinati; essi possiedono un elevato contenuto di polimeri (dal 5 % al 10 %) e di acqua (dal 30 % al 45 %). Come polimeri si usano normalmente gli stessi impiegati per i veicoli resinati; in molti casi si utilizzano *componenti acrilici*.

^a Fluido non-newtoniano la cui viscosità diminuisce all’aumentare della velocità a cui la si misura.

Veicoli speciali

Con l'applicazione di nuove tipologie di macchine decoratrici, quali le serigrafiche rotative, le rullatrici, le calcografiche, affiancate alle tradizionali serigrafiche a schermo piatto, sono stati sviluppati prodotti dotati di caratteristiche polivalenti, adatte a tutti questi metodi di decorazione con buoni risultati.

Sono veicoli con comportamento reologico del tipo plastico, con un modesto limite di scorrimento, comunque tale da assicurare un buon effetto sospensivante anche a basse densità: la viscosità è in genere medio-alta.

Il fissatore

Il fissatore è una soluzione diluita di un collante che viene applicata sulla superficie smaltata prima della serigrafia. Viene usata quando la decorazione serigrafica, a causa del frequente intasamento dello schermo (Fig. 2.11), non dia risultati soddisfacenti. Il suo impiego è molto utile anche nelle sovrapposizioni e nelle applicazioni a due o più colori.

La funzione principale del fissatore è di proteggere con un leggero velo di polimero un decoro appena serigrafato perché non venga danneggiato o rimosso dalle applicazioni successive, impedendo alle polveri dello smalto di aderire allo schermo lungo i contorni della superficie aperta del disegno.

I collanti usati sono diversi e preparati in modo diverso a seconda della ditta produttrice e della materia prima di origine. I principali sono:

- soluzioni di alcool polivinilico – è il costituente principale di fissatori;
- emulsioni acetoviniliche;
- soluzioni cellulosiche.

Il fissatore apporta quindi alla piastrella sia acqua che sostanze organiche. Nel caso di un elevato numero di applicazioni, la quantità d'acqua e di sostanze organiche apportate dai fissatori divengono tutt'altro che trascurabili e possono costituire un aggravio per quelli aspetti che riguardano la gestione della prima parte del forno e le emissioni al camino.⁽²⁷⁾

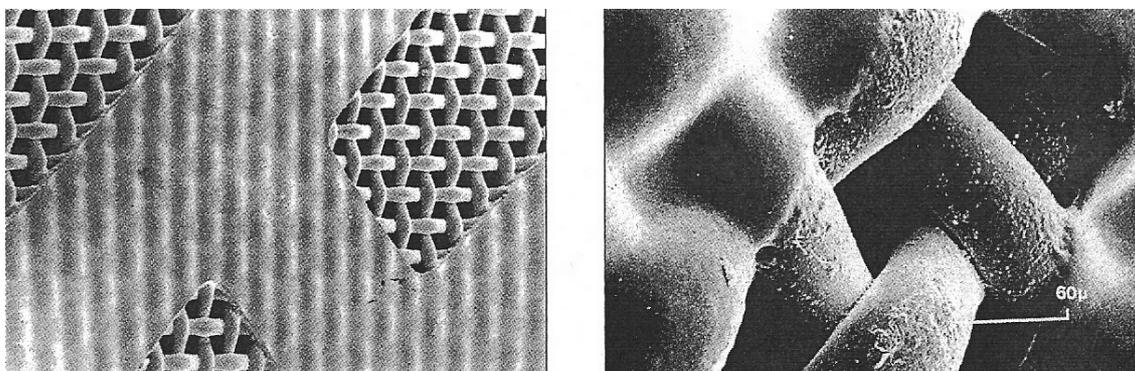


Fig. 2.11 – particolari di schermi serigrafici. ⁽²⁷⁾

Emissioni SOV dai forni di cottura di piastrelle ceramiche

In riassunto, gli utilizzi più consistenti di **sostanze organiche** nella fabbricazione di piastrelle ceramiche sono associati alle **operazioni di smaltatura e decorazione**, particolarmente collegati alla serigrafia, e consistono principalmente di glicoli o poliglicoli etilenici e propilenici, e di resine o polimeri sintetici usati come additivi chimici per smalti ed inchiostri, con varie funzioni.

Concentrazioni apprezzabili di sostanze organiche sono rilevabili nelle emissioni dai forni di cottura di piastrelle ceramiche, ben come è relativamente ampia la gamma di tali sostanze (aldeidi, chetoni, esteri, alcoli, nitroderivati).⁽⁶⁾ Alcune analisi^(8,11) eseguite sulle emissioni da forni per cottura vetrato e monocottura hanno permesso di evidenziare la presenza di queste sostanze, come mostrato in Tab. 2.1.

Tab 2.1 - Emissioni di forni per cottura di prodotti smaltati con diverse applicazioni serigrafiche - SO individuate (gascromatografia capillare ad alta risoluzione accoppiata alla spettrometria di massa).⁽⁸⁾

Composto		µg/m ³
ALDEIDI	Formaldeide	100
	Acetaldeide	150
	Acroleina	3000
NITRODERIVATI	Nitrometano	200
	Etilnitrito	10
	Propilnitrito	200
	Butilnitrito	200
NITRILI	Acetonitrile	50
	Acrilonitrile	30
ALCOOLI	Alcool allilico	200
	2 Butanolo	800
	Butanolo	1000
CHETONI	Metilvinilchetone	30
ESTERI	Butil-formiato	40
	Etilformiato	200
	Vinilacetato	100
SOLFORATI	Solfuro di carbonio	20
	Tiofene	200
Derivati del 1,3 DIOSSOLANO		
Derivati del 1,4 DIOSSANO		

In: "Analisi e controllo degli odori", Bertoni, B., Mazzali, P., Vignali, A., Pitagora Editrice Bologna, 1993, p.72.

L'esame dei dati a disposizione fino ad oggi indica come il maggior contributo alle aldeidi derivi da quelle a basso peso molecolare, ed in particolare da formaldeide, acetaldeide ed acroleina, composti che presentano una soglia olfattiva molto bassa. Relativamente alle SOV è invece stata accertata la presenza, nelle emissioni di forni ceramici, di composti a bassa soglia olfattiva quali: diossano, diossolano e derivati, alcoli, chetoni, esteri ed idrocarburi aromatici e non.⁽⁶²⁾

La conseguenza della presenza di composti a bassa soglia olfattiva ha comportato negli ultimi anni, come anteriormente menzionato, la presentazione di numerose **segnalazioni di odori** in area ceramica con il riscontro, in molti casi, della possibile provenienza degli stessi dai camini dei forni ceramici.

Il **D.M.12/07/90**⁽¹⁰⁾ prevede un limite per sostanze organiche comuni nelle emissioni dai forni ceramici (acetaldeide, formaldeide, propionaldeide, acroleina, 1,4 diossano, crotonaldeide, acido acetico, butirraldeide, etilenglicole, propilenglicole, toluene, acetone, etc.) in concentrazione rapportata ai flussi di massa.

Il controllo delle emissioni da forni ceramici prevede attualmente la verifica delle emissioni di SOV (esprese complessivamente come *carbonio organico totale* o come somma dei singoli composti organici emessi) e delle aldeidi (esprese come *aldeidi totali*) così come riportato nelle autorizzazioni alle emissioni in atmosfera rilasciate dall'ente preposto.

I controlli eseguiti da ARPA ormai da diversi anni, ed i risultati conseguiti dalle attività di prelievo ed analisi delle emissioni da forni ceramici, permettono di evidenziare come il 20% circa delle emissioni controllate abbia concentrazioni di SOV superiori al 50% del valore limite previsto.⁽⁶²⁾

Confrontando i valori di legge⁽¹⁰⁾ con quelli verificati in emissioni, non siamo in generale nelle condizioni di superamento dei limiti, ma in una situazioni che dal punto di vista igienico-sanitario creano comunque inconvenienti non trascurabili. Le sostanze sopra descritte hanno infatti una bassissima soglia olfattiva e provocano irritazioni alla cute, congiuntivite e mucose delle vie aeree.⁽¹¹⁾

Comunque, un fatto apparentemente inspiegabile, considerando che la cottura ceramica viene effettuata a temperature superiori a 1000°C, sarebbe la presenza di sostanze organiche volatili nelle emissioni gassose, però questo fatto è correlato con il *funzionamento in controcorrente* fra materiale in cottura e prodotti della combustione della generalità dei forni ceramici (vedi Fig. 2.12).

Come conseguenza, le sostanze organiche che si decompongono ed evaporano in fase di preriscaldamento, miscelandosi ai prodotti della combustione, vengono trascinate dal flusso gassoso verso il camino di

emissione, e quindi verso zone più fredde. Queste pertanto, non raggiungono livelli termici necessari per la combustione completa, e sono quindi emesse come tali in atmosfera, determinando appunto il fenomeno della presenza di odori nell'area interessata alla ricaduta dei fumi stessi.^(6, 18)

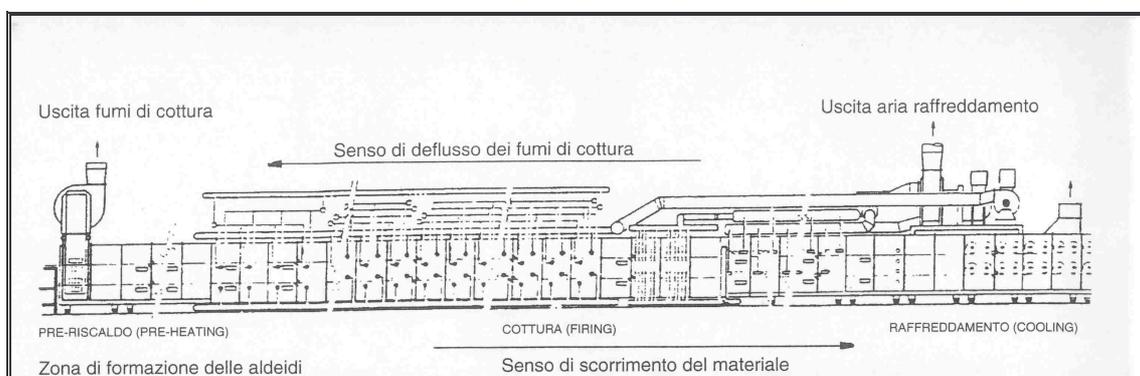


Fig. 2.12 – Rappresentazione schematica del funzionamento del forno di cottura delle piastrelle ceramiche.⁽¹¹⁾

Durante il trattamento termico all'interno del forno, le materie prime organiche sono soggette a reazioni che vanno dalla semplice evaporazione, alla dissociazione ossidativa, alla pirolisi, in funzione della complessità della catena costituente le molecole presenti.

Il termine *pirolisi* indica la caratteristica di alcune sostanze di decomporsi a causa della temperatura e questi fenomeni possono essere associati alla combustione. Ad esempio i glicoli ed i poliglicoli iniziano tale decomposizione a temperature superiori ai 250°C. I prodotti gassosi della pirolisi (CO, CO₂, H₂O, aldeidi, etc.) possono facilmente fuoriuscire dallo strato di smalto ancora incoerente e quindi poroso.

Il processo combustivo, a causa dei gradienti di riscaldamento estremamente veloci che si raggiungono nei forni ceramici, forma una serie di composti organici di diversa natura che, per la loro *tossicità* o per il fatto che hanno odori sgradevoli con soglie di rilevamento olfattivo piccolissime, debbono essere *captati* o *eliminati*.

Un metodo certamente efficace per la rimozione degli inquinamenti organici, ma di grande complessità impiantistica, data l'elevata portata dei fumi, e di elevato costo è la *post-combustione*. Essa prevede la captazione dei fumi da trattare e un posteriore trattamento termico ad elevata temperatura, tale da provocare la completa combustione di qualunque sostanza organica presente. L'efficienza di abbattimento, in ogni caso, non è totale, ma, a seconda del tipo e quantità di sostanza organica e dell'impianto, raggiunge valori attorno all'85% - 95%, non garantendo ad esempio, la completa distruzione di sostanze odorigene, che possono esplicare la loro azione anche in presenze di parti per miliardo (ppb), o meno.⁽²⁰⁾

L'intensità dell'emissione di SOV dai forni di cottura delle piastrelle di ceramica, pur significativa ai fini ambientali nella situazione del Distretto Ceramico di Sassuolo (con l'elevatissima concentrazione di sorgenti inquinanti, in un'area di estensione limitata, che vede gli insediamenti produttivi ed abitativi strettamente intrecciati), non è però tale da giustificare l'adozione di specifiche tecniche di riduzione a valle, come la post-combustione, utilizzate in altri tipi di emissione.⁽⁶²⁾

Particolarmente per il caso ceramico, i flussi di SOV e le loro concentrazioni nelle emissioni gassose sono generalmente assai contenuti, tanto da rendere problematico, e di dubbia efficacia rispetto alla soluzione del problema, l'impiego di tecniche di abbattimento o riduzione “*end of pipe*” come la post-combustione.

Pertanto, la riduzione degli inquinanti *alla fonte* - che comprende la riformulazione dei prodotti, la progettazione di nuovi processi, l'impiego di nuove materie prime - assume un ruolo ancora più importante, anche perché concilia il processo produttivo con la compatibilità ambientale, nonché con la tutela e salute delle persone e l'ecosistema di riferimento.

Così, per rendere compatibile la lavorazione con l'ambiente, è necessario sostituire e/o ridurre l'uso massiccio di prodotti che causano gli inconvenienti con altre materie prime alternative, a basso impatto ambientale, applicando la cosiddetta “depurazione indiretta” – quest'ultima appartenente al concetto delle “*Produzioni Più Pulite*”^a.

^a Produzione più pulita (*Cleaner Production*): concetto adottato globalmente di limitazione dell'impatto ambientale di attività produttive che pone l'accento sulle azioni preventive piuttosto che correttive. Per impatto ambientale viene considerato non solo le emissioni di agenti inquinanti, ma anche l'impiego di risorse o il consumo di energia per unità prodotta.

Tecniche di controllo e misura delle sostanze organiche nelle emissioni gassose

La caratterizzazione delle emissioni per quanto riguarda alle sostanze organiche volatili presenti nei flussi gassosi, viene effettuata mediante tecniche analitiche di cromatografia gassosa (GC) e liquida ad elevata pressione (HPLC), a seconda della categoria dalle sostanze interessate (glicoli, aldeidi, composti organici volatili, carbonio organico totale), di cui i metodi di prelievo ed analisi vengono riportati posteriormente al § 5.3.

In questa sezione vengono trattati i principi generali della cromatografia e dei metodi analitici impiegati in questa ricerca, specificamente la GC e l'HPLC, associati a specifici sistemi rivelatori (*detectors*) come lo Spettrometro di Massa (MS) ed il Rivelatore ad Ionizzazione di Fiamma (FID) nel caso della gascromatografia, ed il detector UV-Visibile, applicato invece per l'analisi di cromatografia liquida.

Aspetti sulla cromatografia ^(25, 45)

La **cromatografia**, nata come tecnica separativa e sviluppatasi in seguito anche come tecnica analitica, si basa sul fatto che i vari componenti di una miscela tendono a ripartirsi in modo diverso tra due fasi, in funzione della loro affinità con ciascuna di esse.

Mentre una fase rimane fissa (la *fase stazionaria*), ed è generalmente un solido o un gel, un'altra fase, liquida o gassosa, (la *fase mobile*) fluisce su di essa trascinando con sé in quantità maggiore i componenti della miscela che più risultano affini a lei.

La tecnica cromatografica consiste nello sfruttare in modo particolarmente efficiente la diversa attitudine che ogni molecola o ione possiede nel distribuirsi tra due differenti fasi (una stazionaria e una mobile).

Breve storia

L'invenzione della cromatografia viene attribuita al biochimico russo Mikhail Cvet (pronunciato e a volte trascritto *Tswett*) nel 1906, quando riuscì, con questa tecnica, a separare la clorofilla da un estratto vegetale.

Cvet procedette ponendo una piccola quantità di estratto alla sommità di una colonna di vetro piena di polvere di carbonato di calcio e lavando successivamente il campione facendo percolare attraverso la colonna dell'etere di petrolio. A mano a mano che l'etere di petrolio fluiva trascinando con sé il campione, questi si separava in bande di diverso colore (da qui il nome "cromatografia"), ciascuna delle quali procedeva verso il fondo della colonna con diversa velocità.

Con il suddetto esperimento Cvet mise in evidenza la possibilità di impiegare questo sistema di frazionamento, creando le basi della moderna cromatografia. Il termine si richiama alla separazione di bande di diverso colore e viene ancor oggi utilizzato anche se raramente la separazione si basa sulla differenza cromatica. Questa tecnica è oggi infatti applicata all'analisi di sostanze anche incolori, utilizzando il trasferimento tra le fasi con procedimenti più elaborati ed apparecchiature che possono avere notevole complessità.

Con il termine *cromatografia* oggi si indicano in genere tutte le varie tecniche separative, applicabili a miscele di sostanze e basate sulla distribuzione fra due fasi in cui si utilizza uno stesso principio, la diversa velocità con cui i differenti componenti di una miscela migrano in una fase stazionaria sotto l'influenza di una fase mobile, che ha il compito di trascinare lungo il sistema i soluti che costituiscono la miscela in esame.

Tipi di cromatografia

Dal primo esperimento di Cvet la tecnica si è estremamente evoluta. Oggi esistono vari tipi di cromatografie, generalmente classificate in funzione della natura delle fasi stazionaria e mobile. La seguente tabella 2.2 ne riassume alcune:

Tab. 2.2 – principali tipi di cromatografia.

Tipo	Fase stazionaria	Fase mobile
Gascromatografia (GC)	solida o liquida supportata su solido	gas
Cromatografia liquida (LC)	solida	liquida
Cromatografia su strato sottile (TLC) ^a	solida	liquida
Cromatografia a scambio ionico	solida	liquida

All'interno delle precedenti categorie si possono avere ulteriori suddivisioni. In particolare la cromatografia liquida si suddivide in cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) e cromatografia liquida classica (utilizzata a scopo preparativo); inoltre vi è un'ulteriore suddivisione basata sul meccanismo di separazione: si distinguono infatti la cromatografia di affinità, di adsorbimento, ionica, nonché la cromatografia a permeazione di gel (impiegata nella separazione dei polimeri in funzione del loro peso molecolare). L'utilizzo di fasi stazionarie chirali^b consente anche la separazione di miscele racemiche^c in enantiomeri puri.

^a da *Thin Layer Chromatography*.

^b la chiralità è la proprietà delle molecole non sovrapponibili alla propria immagine speculare. Tali molecole non possiedono né piani di simmetria né centri di inversione.

^c miscela 1:1 di due enantiomeri (molecole chirali).

I meccanismi sui quali si basa la separazione cromatografica⁽²⁵⁾

I principali meccanismi chimico-fisici della separazione cromatografica si basano su:

1) Adsorbimento (Fig. 2.13)

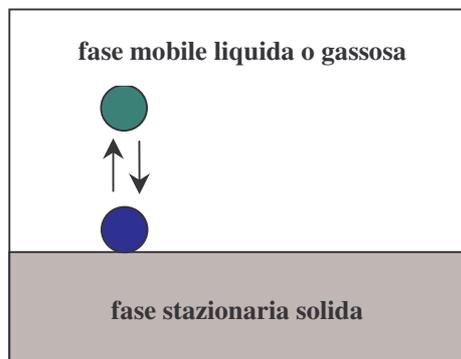


Fig. 2.13: rappresentazione schematica - adsorbimento.

La fase stazionaria è un solido sulla cui superficie si trovano dei siti attivi in grado di stabilire legami secondari (dipolo-dipolo, ponte di idrogeno, Van der Waals) con le diverse molecole della miscela da risolvere (separare). Se la fase mobile è un liquido si parla di cromatografia liquido-solido (*LSC*), se invece è un gas, di cromatografia gas-solido (*GSC*).

In genere, le molecole che più facilmente vengono fissate sono quelle che presentano gruppi polari, anche se la natura dell'adsorbente influisce sul fenomeno. L'aumento di temperatura agisce negativamente sull'adsorbimento in quanto provoca una maggior agitazione termica.

2) Ripartizione (Fig. 2.14)

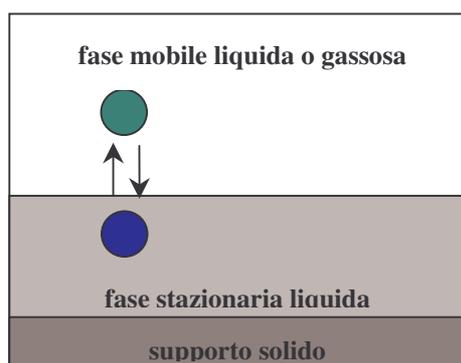


Fig. 2.14: rappresentazione schematica - ripartizione.

La fase stazionaria è un liquido, in cui si verifica una vera e propria solubilizzazione delle sostanze da analizzare. Esse pertanto si ripartiscono fra le due fasi (immiscibili tra loro). Se la fase mobile è un gas si parla di cromatografia gas-liquido (*GLC*), se invece è un liquido, di cromatografia liquido-liquido (*LLC*).

3) Scambio ionico (Fig. 2.15)

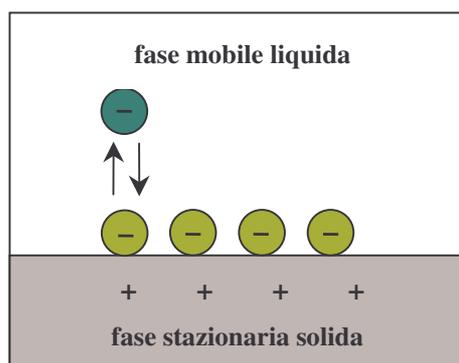


Fig. 2.15: rappresentazione schematica – scambio ionico.

La fase stazionaria é costituita da molecole contenenti gruppi attivi, dotati di cariche elettriche (positive o negative), i quali sono in grado di scambiare i propri controioni con la soluzione da cui vengono lambiti, attraverso un meccanismo di competizione tra gli ioni della fase stazionaria e quelli con la stessa carica contenuti nella fase mobile. Anche in questo caso la separazione avviene secondo un criterio di affinità per la fase stazionaria, criterio dettato dalla maggiore o minore competitività.

4) Esclusione

Utilizzando una fase solida porosa (o un gel) con pori di opportune dimensioni, è possibile rallentare maggiormente le particelle più piccole che, penetrando nei pori, vengono poi trattenute.

Gascromatografia ^(25, 42, 45, 49, 59)

La gascromatografia, nota anche come GC, è una tecnica cromatografica impiegata principalmente a scopo analitico. Come tutte le cromatografie, si basa sulla diversa ripartizione di diverse sostanze tra una fase stazionaria ed una fase mobile, in funzione dell'affinità di ogni sostanza con esse.

Con questa tecnica è possibile analizzare campioni gassosi, liquidi o solidi. La GC ha conosciuto il suo grande *boom* negli anni '60 e tuttora conserva una posizione di primo piano fra le tecniche di separazione di miscele complesse. È anche possibile, se lo si desidera, recuperare le specie chimiche in uscita dalla colonna e sottoporle ad analisi successive allo scopo di individuarne natura e composizione (ad esempio attraverso la spettrometria di massa). L'unica grande limitazione della cromatografia in fase gassosa è rappresentata dal fatto che il campione deve essere volatile.

I meccanismi di separazione che si sfruttano in gascromatografia sono sostanzialmente due: l'adsorbimento e la ripartizione, di cui si è già parlato.

La fase stazionaria è generalmente costituita da un liquido non volatile supportato su una polvere che riempie uniformemente una colonna ("colonna impaccata") oppure distribuito come film sottile spesso qualche micrometro sulla parete interna di una colonna di lunghezza superiore ai 10 metri e di diametro inferiore al millimetro ("colonna capillare"). Tale liquido può variare a seconda dell'applicazione, ossia del tipo di composti che si intendono analizzare.

La fase mobile è un gas, detto anche *gas di trasporto*, *gas vettore* o *gas carrier*. Generalmente, vengono scelti gas chimicamente inerti, a bassa viscosità ed ottenibili ad elevata purezza quali l'azoto, l'elio o l'argon; per alcune applicazioni vengono anche utilizzati l'idrogeno o l'anidride carbonica.

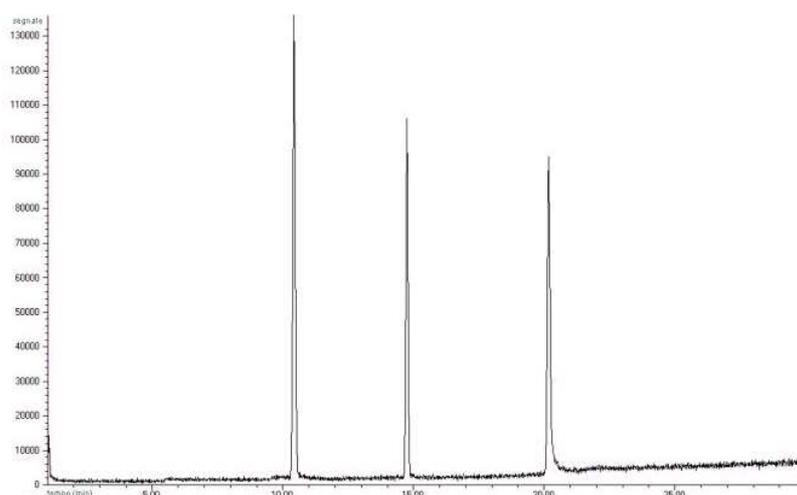


Fig. 2.16 - Esempio di cromatogramma di una miscela di tre sostanze.

Il campione, posto in testa alla colonna e sottoposto al flusso costante del gas di trasporto, viene separato nelle sue componenti in funzione di quanto queste siano affini (di solito per polarità) alla fase fissa; un'ulteriore variabile su cui si agisce spesso per migliorare la separazione è la temperatura della colonna, che può essere tenuta costante ("isoterma") o fatta variare secondo un gradiente desiderato.

Quando il campione esce dall'estremità finale della colonna (si dice che è stato *eluito*) viene raccolto da un rivelatore. Il diagramma che rappresenta il segnale generato dal rivelatore in funzione del tempo, fissato a zero l'istante in cui il campione è stato immesso nella colonna, è il cromatogramma del campione (Fig. 2.16). Il cromatogramma si presenta come una sequenza di picchi di varia ampiezza ed altezza distribuiti lungo l'asse del tempo.

Dal tempo di ritenzione di ogni picco è possibile dedurre l'identità del composto eluito; dall'area o dall'altezza dei picchi è possibile dedurre le concentrazioni o le quantità assolute dei vari composti presenti nel campione analizzato, a seconda del rivelatore impiegato.

Strumentazione – il gascromatografo

La Fig. 2.17 riporta lo schema essenziale dello strumento a fine di seguire l'intero processo di analisi.

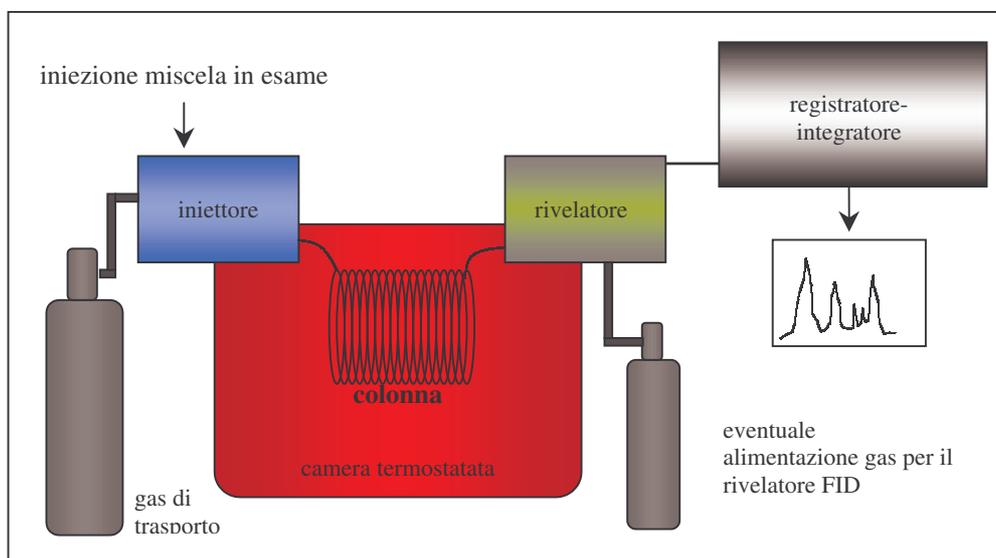


Fig. 2.17 – rappresentazione schematica del gascromatografo.

Sistema di alimentazione gas di trasporto (carrier)

Si tratta di bombole di gas inerte (azoto, elio, argon), talvolta può essere usato anche l'idrogeno. Lo scopo principale è quello di trascinare i componenti della miscela in analisi lungo la colonna cromatografica.

Sistema di alimentazione dei gas per il rivelatore FID

Qualora si utilizzi un rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) è necessario alimentare un combustibile ed un comburente, ad esempio idrogeno ed aria.

Iniettore o camera di iniezione

Il campione viene generalmente introdotto in colonna in ragione di pochi microgrammi (10^{-6} g), spesso previamente sciolto in un opportuno solvente, tramite una siringa.

Nella tecnica detta *analisi dello spazio di testa* si introducono invece in colonna non il campione, bensì i vapori da esso sviluppati in una fiala chiusa esposta ad una temperatura definita per un tempo prefissato.

Il campione può essere introdotto direttamente in testa alla colonna (iniezione *on-column*) o passare attraverso una camera di ripartizione, dove viene vaporizzato ed ulteriormente diluito da un gas ausiliario (iniezione *split-splitless*).

La camera di iniezione è corredata da un sistema di resistenze variabili attraverso le quali è possibile la temperatura ritenuta più adatta per la vaporizzazione della miscela. L'introduzione del campione viene effettuata

con una iniezione su un apposito disco in gomma al silicone, posto tra una ghiera metallica e il dispositivo di attacco alla colonna.

Colonne

Le colonne si dividono in due classi distinte: impaccate e capillari.

Le *colonne impaccate* sono simili a quelle della tradizionale cromatografia su colonna; sono tubi di rame, acciaio o vetro di diametro dell'ordine del centimetro e lunghezza di un metro o più, piegati a spirale o a U e riempiti con la fase stazionaria costituita da un solido di supporto ed un liquido non volatile.

Il solido di supporto è spesso gel di silice, allumina, o carbone, che viene impregnato del liquido che costituisce l'effettiva fase stazionaria. La scelta del liquido è funzione dei composti che si vogliono separare. In genere si usa squalano, olio o grasso di silicone, glicoli polietilenici (*Carbowax*), oli di vaselina o trietanolammina, ma la scelta è estremamente ampia.

Le *colonne capillari* sono sottilissimi tubi di silice di diametro generalmente non superiore agli 0,53 millimetri e di lunghezza non inferiore ai 10 metri avvolte a spirale su un supporto metallico. La fase stazionaria è spalmata in maniera uniforme sulla superficie interna della colonna, dove forma un film di spessore costante che, a seconda del potere risolvente della colonna, varia generalmente tra 0,5 e 2,5 μm .

Il film è spesso costituito da metil-siliconi modificati su cui sono inseriti vari gruppi funzionali, in funzione della classe di composti da analizzare.

Le colonne sono alloggiare in una camera termostatica, in genere a circolazione di aria calda, con questo sistema viene assicurata una buona stabilità di temperatura. Un dispositivo permette di fissare la temperatura, la quale può essere mantenuta costante per tutta la durata della analisi (isoterma) oppure fatta variare (programmata).

Rivelatori

Ve ne sono di diversi tipi, in funzione del principio fisico utilizzato per rilevare l'uscita delle sostanze dalla colonna.

Le due classi più comuni sono quelle dei rivelatori a conducibilità termica (HWD) e dei rivelatori a ionizzazione di fiamma (FID).

Un *rivelatore a conducibilità termica* è costituito da due filamenti riscaldati elettricamente e mantenuti a temperatura costante. Su uno scorre il gas di trasporto puro, sull'altro scorre il gas in uscita dalla colonna. Quando una sostanza viene eluita, il secondo filamento subirà un raffreddamento o un riscaldamento rispetto al primo per via del calore più o meno facilmente asportato dal gas contenente la sostanza eluita. Tale variazione di temperatura si riflette in una variazione di resistenza, che viene amplificata e rappresenta il segnale del detector. Si tratta pertanto di un rivelatore universale e non distruttivo. La sensibilità di questo rivelatore non è elevata

ed inoltre costringe all'uso di gas *di trasporto* più costosi (ad esempio elio e argon).

Il **FID** (*Flamme Ionization Detector*) è un rivelatore universale ma distruttivo in quanto i campioni vengono bruciati per ottenerne la trasformazione in ioni allo stato gassoso. Il carrier viene convogliato verso un ugello a cui giungono anche idrogeno ed aria, necessari per alimentare una piccola fiammella. Una resistenza posta accanto all'ugello provoca l'accensione della fiammella. Quest'ultima si trova circondata da un collettore cilindrico caricato positivamente; il secondo elettrodo del circuito, quello caricato negativamente, è costituito dall'ugello stesso.

La microfiamma provoca una debolissima corrente ionica tra gli elettrodi, che vengono mantenuti sotto una differenza di potenziale di circa 300V. Questa corrente, elaborata, amplificata e misurata, viene inviata ad un opportuno registratore e costituisce il rumore di fondo. Quando un componente della miscela raggiunge la fiamma, viene subito ionizzato con conseguente aumento dell'intensità di corrente e quindi rivelato con un segnale più intenso.

Come già detto questo rivelatore è di tipo universale, sono poche infatti le sostanze che hanno potenziali di ionizzazione così alti da non poter essere ionizzate nelle normali condizioni di lavoro (tra queste abbiamo acqua, solfuro di carbonio, anidride carbonica, ossido di carbonio, ossidi di azoto, ammoniaca, acido solfidrico, biossido di zolfo, acido formico, gas nobili, azoto e ossigeno). La sensibilità di questo rivelatore è molto elevata, infatti si può arrivare ai nanogrammi¹.

Altro tipo di rivelatore è quello a cattura elettronica (ECD), questi sono preferiti per l'analisi di composti contenenti atomi elettronegativi (alogeni). Infine, all'uscita di una colonna cromatografica si può porre uno *Spettrometro di Massa (MS)*, per avere indicazioni sulla struttura di ogni sostanza eluita.

Registratore e Integratore

Il segnale di uscita dal rivelatore passa ad un registratore che ha il compito di realizzare il tracciato cromatografico. I moderni strumenti sono corredati anche di un integratore che permette il calcolo automatico delle aree dei picchi, operazione indispensabile per effettuare analisi di tipo quantitativo.

Gascromatografia – Applicazioni analitiche

La gascromatografia permette di effettuare sia analisi qualitative che quantitative, anche se principalmente è utilizzata per quest'ultima.

¹ Nanogrammo (ng): 10^{-9} g = 0,000 000 001 g

Analisi qualitativa

L'interpretazione dei cromatogrammi rappresenta l'operazione più lunga. E' necessario innanzitutto avere la più completa serie di informazioni sulla natura e l'origine della miscela da analizzare.

I metodi utilizzabili per l'individuazione delle sostanze sono:

- Basarsi su dati di letteratura, quali i tempi di ritenzione; purtroppo tali valori dipendono da molti fattori quali le caratteristiche dello strumento, le condizioni operative e l'operatore.
- Effettuare un confronto dei tempi di ritenzione tra la miscela in esame e sostanze pure o miscele di composizione nota.
- Metodo basato sull'arricchimento. Quando si ritiene che un determinato picco corrisponda ad una sostanza nota, si aggiunge alla miscela una certa quantità di sostanza pura. Se compare un altro picco, siamo sicuri che la specie nota non è presente nella miscela, mentre se un picco risulta più alto, potrebbe essere presente e per questo è necessario effettuare altre analisi cambiando condizioni operative.
- Impiego di reattivi. Per evidenziare la presenza di determinati componenti si può far gorgogliare il gas in uscita entro una provetta contenente reattivi specifici. Naturalmente il rivelatore non deve essere distruttivo.
- Impiego di strumenti ausiliari. Il gas in uscita da un rivelatore non distruttivo può essere fatto gorgogliare in appositi solventi e la soluzione indagata con altri metodi strumentali. Inoltre è possibile collegare direttamente il gascromatografo ad uno *Spettrometro di Massa* (MS), in questo modo si può registrare lo spettro di massa il quale è univoco per una certa specie chimica (e fornisce poi importanti indicazioni strutturali).

Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa è basata sul confronto delle aree dei picchi.

Bisogna però tenere conto di una serie di possibili complicazioni:

- non è detto che tutte le sostanze presenti nel campione si vedano nel cromatogramma;
- i rivelatori possono presentare diverse risposte per diverse sostanze;
- non tutti i picchi potrebbero essere ben separati;
- non è facile conoscere accuratamente la quantità di miscuglio effettivamente immesso in colonna.

A causa di ciò esistono diverse metodologie di studio quantitativo tramite GC, che si adattano alle diverse situazioni, citate sotto:

- Confronto diretto dell'area dei picchi;
- Normalizzazione interna;
- Taratura diretta;
- Standardizzazione esterna;
- Standardizzazione interna;
- Metodo dell'aggiunta.

Cromatografia liquida ad alta pressione – HPLC ^(26, 45,49)

La **cromatografia liquida ad alta pressione** o **cromatografia liquida ad alte prestazioni**, in inglese *High Pressure Liquid Chromatography* o *High Performance Liquid Chromatography*, più semplicemente nota come **HPLC** è un tipo di cromatografia.

Si tratta di una tecnica cromatografica che permette di separare due o più composti presenti in un solvente sfruttando l'equilibrio di affinità tra una "fase stazionaria" posta all'interno della colonna cromatografica e una "fase mobile" che fluisce attraverso essa. Una sostanza più affine alla fase stazionaria rispetto alla fase mobile impiega un tempo maggiore a percorrere la colonna cromatografica (tempo di ritenzione), rispetto ad una sostanza con bassa affinità per la fase stazionaria ed alta per la fase mobile. Il campione da analizzare è iniettato all'inizio della colonna cromatografica dove è "spinto" attraverso la fase stazionaria dalla fase mobile applicando pressioni dell'ordine delle centinaia di atmosfere. Per ottenere un'elevata efficienza nella separazione è necessario che le dimensioni delle particelle del riempimento siano molto ridotte (di solito hanno diametri compresi da 3 a 10 μm), per questo motivo è indispensabile applicare un'elevata pressione se si vuole mantenere una ragionevole velocità di flusso dell'eluente e quindi un tempo di analisi adeguato.

Alla fine della colonna è applicato un rilevatore (IR, UV-VIS, spettrometro di massa) e un calcolatore che permettono una analisi in continuo dell'uscita della colonna e quindi di poter quantificare e/o identificare le sostanze iniettate.

I vantaggi principali di questa tecnica sono: la dimensione ridotta della colonna che evita problemi di deviazioni longitudinali (movimenti della fase mobile longitudinali) e di percorsi alternativi; velocità di eluizione (passaggio della fase mobile attraverso la colonna) costante e regolabile; velocità di esecuzione ridotta; piccole quantità di composto necessaria all'analisi (nell'ordine dei 5-10 microgrammi di campione solubilizzato in apposito solvente) tutto a favore di una maggiore accuratezza e precisione.

La HPLC rappresenta l'evoluzione strumentale della cromatografia in fase liquida su colonna classica; in questa maniera, infatti, in pochi minuti si effettuano separazioni di miscele anche molto complesse, ed è anche possibile, in certe condizioni, determinare automaticamente la composizione quantitativa ed ottenere informazioni decisive sulla natura delle sostanze analizzate.

In HPLC il flusso della fase mobile (rappresentato da un liquido a bassa viscosità) viene assicurato da un sistema di pompe, e la rivelazione è automatica all'uscita della colonna.

Dunque, purché una specie chimica non sia eccessivamente volatile e a condizione di trovare il solvente adatto per portarla in soluzione, noi possiamo condurre con successo un'analisi HPLC; inoltre questa tecnica ci permette di adottare tecniche di separazione diverse, a patto di utilizzare i dispositivi adatti (soprattutto i rivelatori). Possiamo quindi condurre:

- cromatografia di adsorbimento (liquido – solido);
- cromatografia di ripartizione (liquido – liquido);
- cromatografia di esclusione;
- cromatografia di scambio ionico;
- cromatografia su fase legata;
- cromatografia a fase inversa;
- cromatografia su fase chirale;

Cromatografia di adsorbimento

Nella cromatografia liquido – solido le molecole del campione vengono adsorbite in misura diversa dalla fase stazionaria, distribuendosi perciò fra questa e la fase mobile.

Fase stazionaria

Il più usato è il *gel di silice microgranulare*, costituito da particelle porose con diametri medi di 3, 5, 10 e 20 μm (quello da 10 μm è il più usato perché assicura selettività e velocità operativa, accompagnati da un'elevata efficienza).

Le particelle possono essere:

- di forma irregolare: offrono una maggiore superficie di scambio, per cui dovrebbero assicurare maggiore efficienza; tuttavia comportano maggiori difficoltà nell'impaccare uniformemente le colonne;
- di forma sferica.

Ricordiamo che il gel di silice ha proprietà leggermente acide, e quindi è adatta a trattenere preferenzialmente composti basici.

In alternativa si può usare, essendo meno costoso, il *gel di silice pellicolare*, costituito da microfibre di vetro con diametro di 37 – 43 μm , rivestite di un sottile strato uniforme di gel di silice poroso.

Altro materiale usato è l'allumina, che ha caratteristiche leggermente basiche, al contrario del gel di silice, al quale rappresenta quindi una buona alternativa. Può esistere in forma microgranulare o in forma pellicolare.

Fase mobile

Le interazioni chimico-fisiche che consentono la separazione dei componenti di una miscela in colonna vengono interpretate come una competizione fra le molecole del soluto e quelle del solvente (fase mobile)

nell'occupare i siti di adsorbimento che si trovano sulla fase stazionaria e all'interno dei micropori che la caratterizzano.

In tal modo, maggiore è l'affinità della fase mobile per quella stazionaria, meno i componenti vengono adsorbiti e più rapida risulta la loro eluizione.

In generale diciamo che il tutto si gioca sulla polarità: con fasi stazionarie poco polari come quelle precedentemente descritte si usano solventi o miscele di solventi poco polari (comunque la scelta ultima va effettuata in base alla natura delle sostanze da separare)

Cromatografia di ripartizione

Nella cromatografia liquido – liquido la separazione dei componenti di una miscela avviene in

conseguenza della diversa ripartizione di questi ultimi fra le due fasi liquide; la velocità con cui una

molecola si sposta in una colonna è quindi collegata al suo coefficiente di ripartizione.

Fase stazionaria

La fase stazionaria è costituita da un liquido altobollente che viene depositato sotto forma di film sottile su un supporto inerte, solitamente costituito da granuli di gel di silice o di allumina, terre di diatomee o altro. Anche in questo caso i supporti possono essere microgranulari o pellicolari; questi ultimi assicurano alte efficienze ai flussi relativi, ma hanno basse capacità.

Fase mobile

Deve essere immiscibile con la fase stazionaria, ma soprattutto, prima di entrare in colonna deve essere saturo di fase stazionaria per evitare fenomeni di trascinamento. Tuttavia l'inconveniente di questa tecnica è proprio il fatto che si ha una rapida perdita di fase stazionaria durante l'analisi; inoltre non è possibile operare in gradiente di polarità ed è per questo che tale tecnica oggi trova poca applicazione.

Cromatografia su fase legata

Qui la fase stazionaria liquida si trova legata chimicamente a un supporto solido, formando un tutt'uno di particolare stabilità.

Questa tecnica rappresenta un'evoluzione della Cromatografia liquido – liquido, in quanto ne supera l'inconveniente principale, ovvero la non trascurabile perdita di fase stazionaria che si verifica durante le ripetute eluizioni.

Fase stazionaria

Il supporto a cui vengono legate chimicamente le molecole della fase stazionaria può essere costituito da:

- microparticelle di gel di silice;
- microsfeere di vetro rivestite da un sottile film di gel di silice;
- microsfeere di vetro tal quali.

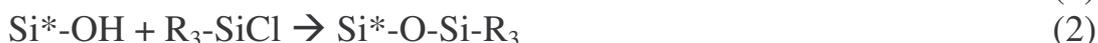
I primi due supporti danno le fasi dette pellicolari, mentre le microsfeere di vetro rappresentano un supporto molto resistente agli aggressivi chimici.

Altri materiali sono:

- microparticelle di zirconio;
- microparticelle di materiali contenenti legami C-F;
- microparticelle di gel di silice legate a una fase polimerica;
- microparticelle polimeriche a base di PS-DVB (polistirene – divinilbenzene) o di PMA (polimetacrilato).

Per realizzare la fase legata si interviene chimicamente sugli ossidrili liberi che si trovano sulla superficie di questi supporti, introducendo particolari radicali:

Tipiche reazioni per l'ottenimento delle fasi legate. R è un radicale di varia natura.⁽²⁵⁾



Ragioni di carattere sterico fanno sì che, in generale, solo il 50 % degli OH liberi venga effettivamente modificato; la fase mantiene perciò una certa attività residua che può essere minimizzata previo ulteriore trattamento con reagenti costituiti da molecole di piccole dimensioni.

Con la reazione (1) si ottengono fasi legate molto sensibili all'idrolisi, per cui non possono essere utilizzate in solventi acquosi.

Con le reazioni (2) e (3) si ottengono fasi più stabili all'idrolisi nelle normali condizioni d'impiego (pH = 2 – 8).

Con la reazione (4) si ottengono fasi molto stabili anche a temperature elevate.

Fase mobile

Per consuetudine viene definita **cromatografia normale** quella che comporta l'impiego di un eluente non polare insieme con una fase stazionaria polare: in questo caso i componenti di una miscela vengono eluiti in ordine di polarità crescente perchè le molecole polari possiedono una maggiore affinità per la fase stazionaria.

Quando invece si usano fasi stazionarie apolari abbinati a eluenti polari si parla di *cromatografia inversa*, ed è questa la tecnica che si usa in generale parlando di cromatografia a fase legata.

Strumentazione

A causa delle elevate pressioni di esercizio, la strumentazione per HPLC, rappresentata schematicamente nella Fig. 2.18, è di norma più complessa rispetto a quella per altre tecniche cromatografiche. I componenti principali dell'apparecchiatura per HPLC sono:

- Contenitori per la fase mobile
- Pompe
- Sistemi di introduzione del campione
- Colonna
- Riempimento della colonna
- Rivelatori



Fig. 2.18 – schema di un strumento HPLC.

Contenitori per la fase mobile

I moderni strumenti per HPLC sono equipaggiati con diversi contenitori per i solventi che verranno impiegati come fase mobile. I solventi devono necessariamente essere privi di impurezze, compresi gas disciolti e particolato, per non inficiare la bontà dell'analisi; per questo motivo i contenitori integrano spesso degasatori, distillatori e sistemi di filtraggio.

Le separazioni con HPLC possono essere eseguite con *eluizione isocratica*, ossia usando un eluente la cui composizione non varia durante l'analisi, oppure con *eluizione a gradiente*, in cui la natura dell'eluente varia durante

l'analisi in maniera continua o a gradini. Il secondo metodo ha effetti analoghi ai programmi di temperatura adottati in gascromatografia, aiuta in molti casi a migliorare la risoluzione dell'analisi o a diminuirne il tempo. Per operare con l'eluizione a gradiente è necessario che lo strumento sia dotato di una camera di miscelazione, in cui siano miscelati i solventi prelevati dai contenitori, per poi inviarli nella colonna.

Pompe

Le pompe per HPLC devono soddisfare requisiti molto esigenti, tra i quali i più importanti sono:

- capacità di sostenere pressioni fino a 430 atm;
- stabilità della pressione generata (importante per non creare rumore nel cromatogramma);
- permettere velocità di flusso della fase mobile nell'intervallo compreso tra 0,1 e 10 ml/min;
- garantire una riproducibilità del flusso relativa migliore dello 0,5 %
- resistenza alla corrosione;

I principali tipi di pompe impiegate negli strumenti sono: pompe alternative a pistone, pompe a siringa e pompe pneumatiche.

Pompe alternative a pistone

Le pompe alternative a pistone (Fig. 2.19), dette anche pompe reciprocanti, sono le più diffuse negli strumenti commerciali. La pressione viene trasmessa da un pistone, azionato da un motore, a una piccola camera in cui viene fatto fluire il solvente grazie all'apertura e alla chiusura di due valvole sincronizzate con la pulsazione del pistone. Il sistema presenta l'inconveniente di generare una pressione pulsata e di richiedere quindi uno smorzatore del flusso. Le pompe alternative a pistone sono in grado di sostenere stabilmente pressioni oltre le 600 atm, garantendo quindi buone velocità di flusso e in un ampio intervallo, sono inoltre facilmente adattabili alle eluizioni a gradiente.

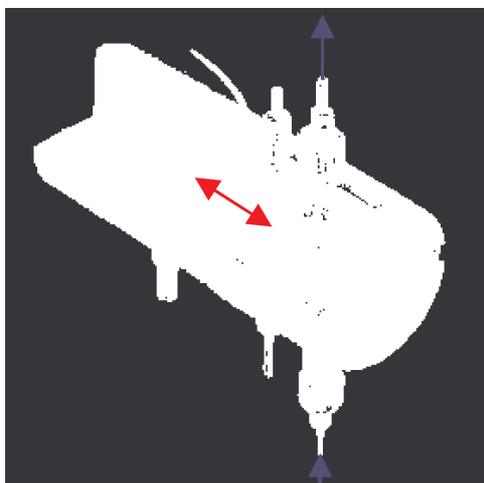


Fig. 2.19 – pompa alternativa a pistone.

Pompe a siringa

Le pompe a siringa, dette anche pompe a spostamento, sono costituite da un cilindro che contiene il solvente e da un pistone interno. Il pistone viene spinto da un motore applicato a una vite, generando una pressione non pulsata. Tali pompe garantiscono un flusso stabile e sufficientemente potente, però hanno di norma una scarsa capacità del serbatoio e presentano inconvenienti quando si cambia il solvente.

Pompe pneumatiche

Nelle pompe pneumatiche il solvente è contenuto in un recipiente flessibile, compresso dall'esterno con gas sotto pressione. Il flusso che ne risulta non è pulsato ma è di norma poco potente rispetto a quello generato dagli altri tipi di pompe. Ulteriori svantaggi sono dati dalla scarsa capacità del serbatoio e dal fatto che l'entità del flusso dipende sensibilmente dalla viscosità del solvente rendendo dunque, non idonee, queste pompe per le eluizioni a gradiente.

Sistemi di introduzione del campione

La riproducibilità della quantità di campione introdotto nella colonna rappresenta il punto critico per la precisione di un'analisi con HPLC. I sistemi attualmente in uso riescono a raggiungere precisioni relative dello 0,1% e di variare la quantità di campione introdotto in un intervallo compreso tra 5 e 500 μl , esistono anche valvole di iniezione per microcampioni con volumi compresi tra 0,5 e 5 μl (Fig. 2.20).



Fig. 2.20 - Valvola di iniezione del campione.

L'interfaccia universalmente utilizzata per introdurre il campione è la valvola a 6 o 7 vie (Fig. 2.21). A seconda del *loop* montato varia il volume del campione iniettato in colonna.

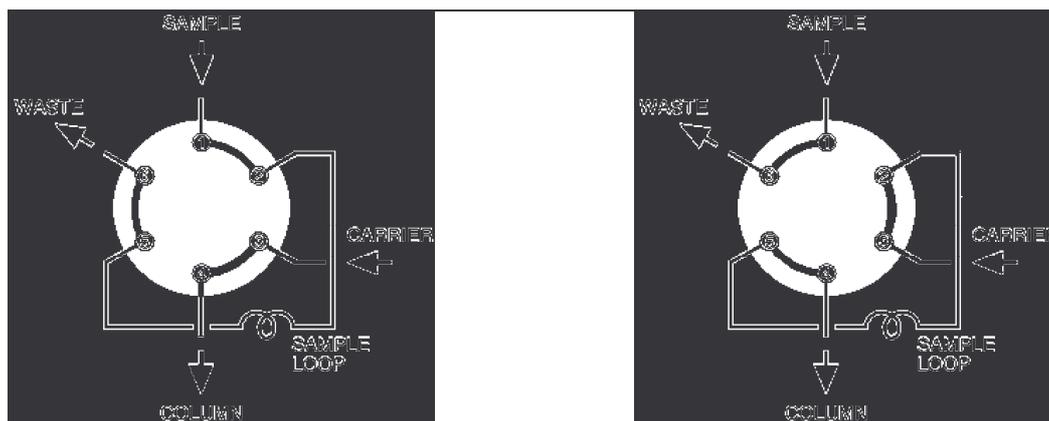


Fig. 2.21 – schema della valvola di iniezione a 6 vie.

Colonne

Il materiale più impiegato per la costruzione delle colonne per HPLC è l'acciaio inossidabile levigato, se si opera a pressioni inferiori a 10 atm si usano anche colonne in vetro spesso. La lunghezza delle colonne è di solito compresa tra 10 e 30 cm, ma è possibile disporre di colonne più lunghe per particolari esigenze. Il diametro interno è compreso tra 4 e 10 mm e il diametro delle particelle del riempimento tra 3,5 e 10 μm . Esistono anche modelli di colonne, di recente progettazione, più corte e sottili che permettono tempi di analisi inferiori e minor consumo di solvente.

Le colonne commerciali sono spesso dotate di fornelli termostatici per tenere sotto controllo la temperatura della colonna fino al decimo di grado centigrado. Il mantenimento di una temperatura costante garantisce di norma cromatogrammi migliori.

Nonostante i solventi impiegati in HPLC siano appositamente purificati, è sempre possibile che contengano contaminanti che potrebbero intaccare la buona funzionalità della colonna. Per ovviare a questo problema e dunque aumentare la vita media delle colonne analitiche si applicano colonne di protezione, più corte delle colonne analitiche, in cui la fase mobile viene fatta passare prima di accedere alla colonna analitica. In sostanza la colonna di protezione funge da filtro. Inoltre serve anche per saturare la fase mobile con la fase stazionaria, minimizzando quindi le perdite di fase stazionaria nella colonna analitica.

Riempimenti delle colonne

I riempimenti usati in HPLC sono sostanzialmente di due tipi, a *particelle pellicolari* e a *particelle porose*.

Le particelle pellicolari sono impiegate quasi esclusivamente per le colonne di protezione. Sono granuli sferici e non porosi di vetro o materiale polimerico, di dimensione compresa tra i 30 e i 40 μm . Sulla superficie dei granuli viene depositato uno strato poroso di silice, allumina, o resina a

scambio ionico. Se si necessita di una fase stazionaria liquida, può essere applicata per adsorbimento.

Le particelle porose hanno diametri compresi tra 3 e 10 μm , il materiale più usato è la silice microporosa, ma possono essere costituite anche di allumina o resina a scambio ionico. Anche in questo caso vengono applicati rivestimenti specifici, legati o per adsorbimento o attraverso legami chimici alla superficie delle particelle.

Rivelatori

Perché un rivelatore sia idoneo all'uso in HPLC dovrebbe soddisfare le seguenti caratteristiche:

- Sensibilità adeguata, che ovviamente dipende sia dalle particolari esigenze dell'operatore che dal tipo di campione da analizzare
- buona stabilità e riproducibilità
- risposta lineare per più ordini di grandezza
- tempo di risposta breve
- elevata facilità d'uso e affidabilità
- uniformità di risposta nei confronti di tutti gli analiti o al contrario elevata specificità per particolari composti
- rivelazione non distruttiva
- piccolo volume interno per evitare allargamento delle bande

I rivelatori più usati sono ad *assorbimento UV*, vi sono poi i metodi a fluorescenza, sull'indice di rifrazione, la costante dielettrica, rivelatori elettrochimici, a spettrometro di massa ed altri ancora.

Rivelatori ad assorbanza

Le celle di assorbanza per HPLC sono di solito a forma di Z, hanno cammino ottico da 2 a 10 mm e volumi compresi tra 1 e 10 μl . Queste piccole celle resistono al massimo alla pressione di 40 atm quindi sono necessari riduttori di pressione al termine della colonna. Si usano sia rivelatori a doppio raggio, in cui un raggio viene fatto passare attraverso la cella e l'altro attenuato da un filtro per poi andare direttamente al *detector*, sia rivelatori a raggio singolo.

La regione dello spettro più sfruttata nei rivelatori ad assorbanza per HPLC è l'**UV**, in second'ordine vi è la regione del **visibile** e in misura ancor minore l'infrarosso. Vengono impiegati sia rivelatori a filtri (fotometri) che a monocromatore (spettrofotometri).

I più semplici *fotometri* per HPLC usano una *lampada a mercurio*, di cui si seleziona di solito la banda centrata a 254 nm, ma si usano anche le bande a 250, 313, 334, e 365 nm. Diversi gruppi funzionali assorbono a queste lunghezze d'onda sia organici che inorganici. Vengono anche usate sorgenti a *deuterio* o a *tungsteno*, dotati di tutta una serie di filtri di interferenza che

eliminano le radiazioni indesiderate. Di solito la gestione dei filtri è affidata a un elaboratore elettronico che ottimizza la scelta.

Per i rivelatori a *spettrofotometro* con reticolo di diffrazione si possono scegliere diverse modalità d'uso. Si può scansionare tutto il cromatogramma con *una singola lunghezza d'onda*; oppure se i picchi dell'eluato sono abbastanza separati si possono *scegliere lunghezze d'onda specifiche per ogni picco*, se si segue la seconda metodologia è indispensabile l'impiego di un processore per selezionare la lunghezza d'onda ottimale per ogni picco. Si può anche fermare il flusso della fase mobile se si desidera ottenere uno spettro su un'ampia regione di lunghezze d'onda.

Il loro campo di applicabilità dei rivelatori a infrarosso in HPLC è piuttosto scarso per via dei solventi usati come fase mobile, di solito, acqua o alcoli, che hanno diverse bande di assorbimento nell'IR e rischiano di coprire i segnali degli analiti.

Il **Detector UV-Visibile** è il più utilizzato in HPLC. Sono molto stabili, sensibili e possono essere utilizzati nell'eluizione in gradiente (ricordando che nella scelta della fase mobile bisogna avere l'accortezza di scegliere un solvente che non assorba in questo intervallo spettrale). Generalmente vengono indagate lunghezze d'onda che vanno dai *200 ai 280 nm poiché molti gruppi funzionali dei composti organici assorbono in questa regione*.

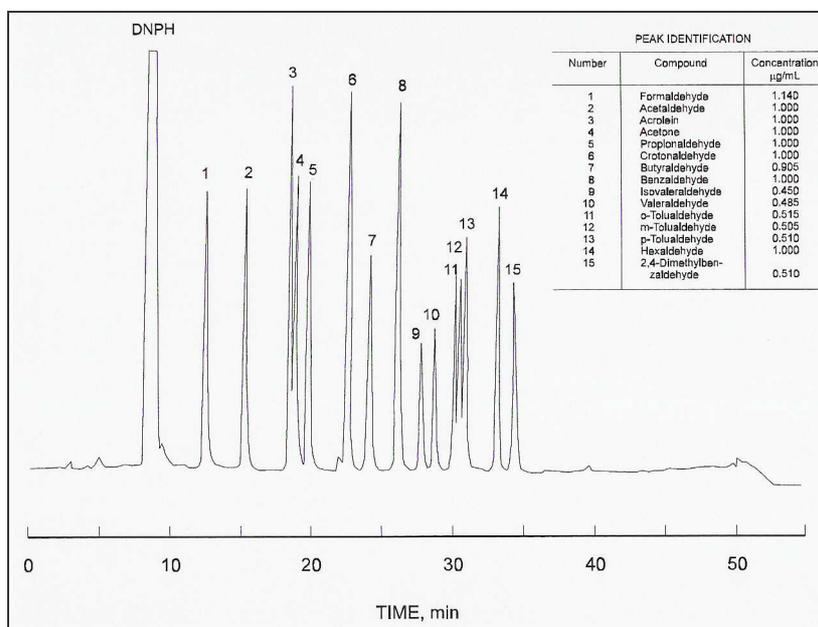


Fig. 2.22 – Cromatogramma tipico HPLC a programma di gradiente lineare per analisi di aldeidi e chetoni con uso di fiale DNPH. ⁽³¹⁾

Rivelatori a fluorescenza

I rivelatori a fluorescenza presentano il vantaggio di una maggiore sensibilità rispetto ai metodi ad assorbanza, di solito superiore a un ordine di grandezza. Hanno però lo svantaggio di un minore campo di applicabilità, dato che le specie assorbenti è notevolmente superiore rispetto a quelle fluorescenti. Si possono comunque usare rivelatori a fluorescenza anche per analiti non fluorescenti se si riesce a trattarli con reagenti che diano prodotti fluorescenti.

La fluorescenza viene osservata attraverso un detector fotoelettrico posto a 90° rispetto alla sorgente di eccitazione, che di solito è una lampada a mercurio. La radiazione fluorescente viene isolata attraverso dei filtri. In strumenti più sofisticati si usano lampade a xeno e reticoli di diffrazione.

Rivelatori a indice di rifrazione

I rivelatori basati sulla variazione dell'indice di rifrazione dovuti alla presenza dei soluti nella fase mobile hanno il grande vantaggio di avere un campo di applicabilità estremamente vasto; sono inoltre molto affidabili e non risentono delle variazioni di flusso. Hanno però scarsa sensibilità, non sono applicabili a eluizioni a gradiente e necessitano di essere termostatati al millesimo di grado centigrado perché le loro prestazioni dipendono fortemente dalla temperatura.

Rivelatori elettrochimici

Esistono rivelatori elettrochimici basati sulla conduttimetria, la voltammetria, l'amperometria e la coulombometria. Hanno un ampio campo di applicabilità.

Rivelatori a spettrometro di massa

L'applicabilità dello spettrometro di massa (MS) come rivelatore per HPLC è complicata dalla grande quantità di eluito proveniente dalla colonna che mal si concilia con la necessità del vuoto spinto nelle analisi con spettrometro di massa. Si è quindi dovuto lavorare molto per sviluppare interfacce idonee che eliminino o riducano il solvente usato come eluente, come la ionizzazione elettrospray, l'interfaccia thermospray, l'ionizzazione chimica a pressione atmosferica (APCI) e la fotoionizzazione a pressione atmosferica.

Generalmente però, si ha scarsa frammentazione delle molecole di analita, quindi gli spettri risultano semplificati ma poveri di informazioni.

Aspetti sul monitoraggio degli inquinanti dell'aria ^(77, 60, 45)

La determinazione quantitativa e qualitativa degli inquinanti dell'aria può essere condotta avvalendosi di molti mezzi diversi, sia *manuali* che *automatizzati*. In alcuni casi è anche possibile utilizzare dei calcoli e dei modelli opportuni, applicando delle metodologie deduttive e quindi operando un monitoraggio che viene definito *indiretto*.

I metodi manuali sono tecniche specifiche che devono essere seguite quando si raccoglie e si analizza un campione di inquinante aerodisperso.

Un metodo automatizzato fa riferimento in genere ad uno strumento, solitamente approvato da un centro indicato dall'autorità competente e che risponde ai requisiti tecnici indispensabili per un'accurata analisi degli inquinanti.

Le varie procedure che regolano il campionamento, l'analisi, la calibrazione degli eventuali strumenti e il calcolo delle emissioni, vengono spesso elaborate da organismi tecnici appositamente preposti. Queste procedure, denominate *norme tecniche*, vengono aggiornate e revisionate man mano che la tecnologia e la conoscenza progrediscono. Tutti i metodi di riferimento sono realizzati per determinare la reale concentrazione degli inquinanti e, di volta in volta, il metodo specifico ottimale per la migliore determinazione dei contaminanti deve essere scelto sulla base di un certo numero di fattori, i più importanti dei quali sono le caratteristiche chimiche e lo stato fisico dell'inquinante.

I risultati del monitoraggio sono generalmente rappresentati dalla *concentrazione* degli inquinanti. Quella dei contaminanti gassosi viene solitamente espressa in parti per milione in peso su di un dato volume di aria, per esempio microgrammi o milligrammi su metro cubo di aria (rispettivamente $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e mg/m^3). La concentrazione degli inquinanti può anche essere espressa in volume (ppmv), o parti per miliardo in volume (ppbv), anche se spesso si tralascia il riferimento volumetrico e ci si limita ad esprimere i dati in ppm o ppb.

Nel caso delle emissioni, dalla concentrazione si può facilmente risalire alla quantità di prodotti inquinanti liberati nell'aria, a patto di conoscere i volumi liberati nel corso dei vari processi.

Nella definizione più semplice del termine, si può definire il *monitoraggio diretto* dei composti aerodispersi come la rilevazione sistematica della loro presenza nell'aria, nell'ambito di una procedura stabilita a priori e che si basa su misurazioni ripetute con una frequenza appropriata.

Il monitoraggio, di per sè, non ha molto significato se non viene abbinato ad un'azione di controllo, intesa come una valutazione dei dati ottenuti al fine di confrontarli con una situazione di riferimento per identificare eventuali situazioni di pericolo o irregolarità.

E' anche vero che il monitoraggio può essere eseguito sia per valutare la *conformità alle prescrizioni di legge* che per motivi di *studio* allo scopo di realizzare dei rapporti ambientali o delle *ricerche scientifiche*; il fine ultimo è comunque la tutela dell'individuo, della popolazione e dell'ambiente.

Inoltre, specialmente in ambito industriale, spesso conviene abbinare i monitoraggi alla verifica della funzionalità delle strutture più inquinanti al fine di predisporre un loro miglioramento ottimizzandone il rendimento, in questo modo si riesce ad avere anche una maggiore efficacia nei controlli.

La *misurazione diretta* degli inquinanti può essere condotta sostanzialmente in due modi diversi a seconda che si utilizzino tecniche a *risposta rapida* oppure *differita*.

Nel primo caso si ottengono dei risultati virtualmente istantanei. Questo è possibile utilizzando degli strumenti a lettura diretta che permettono di rilevare quantitativamente gli inquinanti direttamente sul posto e in tempo reale. Solitamente si utilizzano specifici analizzatori di gas oppure monitor più generici, ma anche un'ampia varietà di altri dispositivi.

Il grosso vantaggio del monitoraggio diretto a risposta rapida è essenzialmente la praticità: senza attuare delle procedure complicate e spesso lente si ottengono immediatamente i dati che si vogliono conoscere. Inoltre questo particolare monitoraggio permette spesso di ottenere un gran numero di dati puntuali, cioè riferiti ad un determinato momento, cosa che permette di relazionare l'inquinamento alle condizioni ambientali o alle attività di processo mutevoli nel tempo. L'utilizzo di questi strumenti è di solito indispensabile nel monitoraggio in continuo, dove vi è la necessità di sapere con un'elevata frequenza la concentrazione degli inquinanti presenti. In definitiva vi sono due tipologie di dispositivi di misurazione a risposta diretta: quelli *usa e getta* come le fialette colorimetriche e quelli *automatizzati*, molto utilizzati in campo industriale ed occupazionale.

Le fiale colorimetriche sono dei dispositivi portatili e monouso che permettono di rilevare in loco la concentrazione di gas e vapori nell'ambiente. A tutti gli effetti, sono delle fialette trasparenti che contengono all'interno delle sostanze chimiche reagenti. Quando vengono utilizzate, si impiega una pompa manuale o automatica che aspira un volume preciso di aria all'interno della fiala. La reazione chimica con il contaminante dell'aria provoca un cambiamento di colore del reagente e la lunghezza della colorazione è proporzionale alla concentrazione della sostanza da monitorare. La parte colorata viene quindi comparata con una scala di concentrazione stampata all'esterno della fiala per stimare la concentrazione della sostanza nell'aria.

Gli *strumenti di misura automatizzati* sono dei dispositivi che rilevano gli inquinanti direttamente, sfruttando dei principi fisici e chimici che permettono di individuare nel tempo e brevemente la tipologia o la quantità dei contaminanti. Questi dispositivi garantiscono un monitoraggio diretto a

risposta rapida perché operano senza che vi sia la necessità di svolgere lunghe e laboriose metodiche di analisi in un laboratorio attrezzato.

C'è da dire, comunque, che la praticità di questi strumenti fa sì che siano in dotazione anche nei laboratori di analisi, dato che permettono di ottenere dei risultati spesso accurati ed affidabili senza l'impiego di complicate procedure analitiche che richiedono l'esperienza e la manualità dei tecnici specializzati.

Gli strumenti automatizzati si rivelano estremamente utili quando si devono compiere dei *monitoraggi in continuo*, cioè senza che vi siano delle pause rilevanti fra una misurazione ed un'altra. Il monitoraggio continuo è spesso prescritto o fortemente raccomandato dalle leggi vigenti, e si impiega soprattutto nel campo del rilevamento degli inquinanti ambientali e nel monitoraggio dei contaminanti rilasciati nelle emissioni di alcuni particolari impianti industriali.

Considerando la presente ricerca la misurazione diretta con risposta rapida è stata applicata per eseguire l'analisi del Carbonio Organico Totale (TOC), con l'utilizzo di un gascromatografo con rivelatore ad ionizzazione di fiamma (FID), seguendo la normativa di riferimento (UNI EN 13526:2002), come viene trattato dettagliatamente nel capitolo 5 - Metodi.

In certi contesti, delle motivazioni di natura tecnica possono impedire la determinazione degli inquinanti sul posto tramite i dispositivi a risposta rapida, in questo caso si preferisce adottare una tecnica di *monitoraggio di natura discontinua e a risposta differita*.

Questa metodica prevede sostanzialmente un processo in tre fasi. Inizialmente si attua il campionamento dell'inquinante in un volume d'aria ben determinato, poi si esegue la raccolta del contaminante con un filtro o con un altro dispositivo, ed infine vi è la spedizione del campione in un laboratorio affinché sia fatta l'analisi.

Il grosso vantaggio è essenzialmente la migliore accuratezza dei risultati, dato che gli strumenti o le metodiche analitiche di laboratorio molto spesso permettono di ottenere dei risultati migliori di quelli ottenibili con dispositivi piazzati sul posto dove sono presenti gli inquinanti. In alcuni casi questa scelta risulta obbligata perché indicazioni di legge o limitazioni tecniche o di sicurezza, rendono impossibile la rilevazione in loco di alcuni particolari inquinanti molto difficili da determinare quantitativamente e qualitativamente.

Le controindicazioni sono direttamente legate al tempo necessario al completamento delle varie analisi. La cosa risulta tanto più problematica quanto più si ha a che fare con sostanze pericolose per la salute: se vi è un pericolo di esposizione è sempre meglio conoscere sul momento quello che si rischia.

Le misurazioni effettuate in laboratorio possono essere estremamente varie per quanto riguarda le metodiche. Solitamente si preferisce adottare quei

metodi analitici che sono stati codificati nella procedura da organizzazioni scientifiche nazionali, europee o internazionali e che sono stati ripresi come norme o procedure da organizzazioni come l'UNI, l'EN, l'ISO, ecc.

I principali dispositivi utilizzati per il campionamento necessario ad eseguire il monitoraggio diretto a risposta differita sono i *campionatori passivi* e le *fiale adsorbenti*.

I campionatori passivi sono dei dispositivi in grado di raccogliere i gas e i vapori inquinanti presenti nell'aria senza far uso di aspirazione forzata. Vengono chiamati così proprio perché non prevedono l'utilizzo di alcun sistema di pompaggio dei campioni.

Il tipico campionatore passivo è il tubo di diffusione, che sfrutta per l'appunto il processo fisico di diffusione degli inquinanti. All'interno del campionatore è presente una sostanza in grado di reagire con l'inquinante da monitorare. Il prodotto che si forma in seguito alla reazione si accumula nel dispositivo e può essere sfruttato per effettuare delle analisi quantitative di laboratorio.

I campionatori passivi utilizzati per valutare l'aria ambiente non possono essere utilizzati per verificare il rispetto dei limiti di legge, dato che forniscono dei dati di concentrazione mediati su più giorni o settimane, comunque rappresentano un'ottima soluzione per risalire alla distribuzione media di un inquinante in una determinata area geografica allo scopo di costruire delle mappe di concentrazione degli inquinanti.

Dato che per i risultati analitici bisogna fare riferimento ad un laboratorio, la controindicazione principale dei campionatori passivi è la stessa di tutti i dispositivi a lettura non immediata: i tempi di risposta più lunghi.

Le fiale adsorbenti sono dei semplici dispositivi di campionamento che permettono di svolgere un monitoraggio di tipo diretto a risposta differita.

Queste fiale presentano all'interno una matrice assorbente specifica in grado di adsorbire il contaminante da rilevare. Una volta desigillate, un'estremità della fiala viene applicata ad una pompa campionatrice (solitamente elettrica) che aspira attraverso la fialetta un volume ben determinato di aria. Una volta terminato il campionamento, la fiala utilizzata viene risigillata e spedita in un laboratorio per l'analisi. Qui le sostanze chimiche catturate vengono *desorbite termicamente* oppure per mezzo di un *solvente specifico* e vengono determinate e misurate analiticamente. Sulla base del volume campionato è quindi possibile risalire alla concentrazione presente nel luogo del monitoraggio.

Il grosso vantaggio di questi dispositivi è essenzialmente il costo, anche se poi vi sono delle spese aggiuntive per gli esami di laboratorio. Lo svantaggio principale è invece riconducibile ai tempi di risposta, dato che bisogna necessariamente rispettare la tempistica di lavoro del laboratorio a cui si fa riferimento per avere i risultati del monitoraggio. In ogni caso i dati che si ottengono sono caratterizzati da un'alta accuratezza e sono

sicuramente molto più affidabili di quelli ottenibili con altri dispositivi, come ad esempio le fialette colorimetriche.

In definitiva le fiale adsorbenti non sono nient'altro che degli strumenti di campionamento degli inquinanti e, come tali, devono essere utilizzate con accortezza. Di fondamentale importanza è l'esatta calibrazione del sistema aspirante: se non si è certi che il volume di aria campionato sia effettivamente quello previsto, allora tutta la procedura di monitoraggio è completamente falsata, dato che è da questo volume che si ricava la concentrazione degli inquinanti rilevati.

Molta attenzione deve poi essere riposta nella chiusura ermetica delle fialette prima e dopo il campionamento, per evitare di inattivare la sostanza adsorbente e per non perdere gran parte degli inquinanti raccolti.

Come sempre, vanno seguite scrupolosamente le istruzioni indicate dal produttore, in modo tale da ottimizzare al meglio l'attività di monitoraggio per evitare grossolani errori metodologici e per compensare eventuali interferenze dovute all'umidità o alla temperatura ambientale.

Ai fini della presente ricerca, la misurazione diretta con risposta differita è stata applicata per eseguire l'analisi delle Aldeidi (cromatografia liquida e fiala DNPH), dei Glicoli (gascromatografia e fiala XAD-7), dei Composti Organici Volatili (gascromatografia e fiala carboni attivi), Carbonio Organico Totale (gascromatografo FID con prelievo campione gas in sacca inerte), seguendo le normative di riferimento specifiche, come verrà trattato dettagliatamente in seguito al capitolo 5 - Metodi.

3. OBIETTIVI

Gli obiettivi specifici dell'attività svolta dal dottorando sono i seguenti:

1. conoscere qualitativamente e quantitativamente le SOV originate da ognuno dei principali composti organici (“additivi”) utilizzati comunemente per l'industria ceramica;
2. studiare l'effetto della temperatura di trattamento termico sul comportamento evaporativo/decompositivo di questi composti;
3. la valutazione tossicologica ed odorigena delle sostanze organiche rilevate nelle emissioni.

Questi obiettivi specifici discendano dagli obiettivi generali della ricerca. Questo lavoro infatti è inserito in una ricerca sulle possibilità di risolvere il problema SOV con interventi *a monte*, come lo sviluppo di nuovi tipi di additivi organici ai quali, senza pregiudizio per la qualità e la resa produttiva, siano associati livelli più bassi di emissione di SOV odorifere e/o pericolose. Si fonda nello studio del comportamento termico delle materie prime che costituiscono i principali composti utilizzati nella preparazione/applicazione degli smalti e dei decori, e relativi prodotti di decomposizione termica di essi.

Più specificamente con lo scopo di, attraverso le conoscenze acquisite, proporzionare il controllo dell'inquinamento associato all'uso di questi composti, promuovendo la pratica della depurazione indiretta, agevolando lo sviluppo di nuovi prodotti con emissioni controllata di SOV, e di tornare disponibile una metodica da eseguire in laboratorio per studiare le emissioni di SOV che simuli le condizioni industriali.

4. MATERIALI

4.1. Additivi organici

Gli additivi organici utilizzati nell'attività sperimentale della presente ricerca sono i 14 composti che rappresentano i costituenti più utilizzati e maggiormente commercializzati delle materie prime organiche impiegate per la smaltatura e decorazione delle piastrelle ceramiche.

Questi composti sono compresi da 8 additivi dal tipo glicole e 6 dal tipo resina, che vengono elencati in Tab. 4.1, la quale riporta:

- la denominazione;
- la sigla di identificazione;
- la tipologia dell'additivo organico;
- la funzione principale nel processo di decorazione ceramica.

A completamento di questo quadro informativo sugli additivi, si riportano:

- in Tab. 4.2, le caratteristiche chimico-fisiche dei diversi composti, i numeri di identificazione ICSC (*International Safety Chemical Cards*), e CAS (*Chemical Abstract Service*) ed i limiti di esposizione occupazionale TLV-TWA (*Threshold Limit Value - Time-Weighted Average*).
- in Tab. 4.3, la composizione chimica elementare. Per quanto concerne il carbonio (C), ovviamente organico, viene fornito non solo in tenore in % ponderale, ma anche il contenuto specifico (in mg di C organico per g di composto organico).
- in Tab. 4.4, gli intervalli termici di evaporazione/decomposizione tramite duplice analisi effettuate sia in atmosfera ossidante di aria che in atmosfera inerte di azoto. Queste informazioni⁽²²⁾, risultato di misure e sperimentazioni con l'utilizzo di Analisi Termogravimetrica (TG) interfacciata con uno spettrofotometro a Trasformata di Fourier (FTIR), oltre a documentare il diverso comportamento termico dei composti organici selezionati, fornisce importanti dati per la determinazione del intervallo di trattamento termico posteriormente discusso.

I 14 additivi organici utilizzati sono stati forniti da Smaltochimica S.p.A., partner nel progetto e azienda italiana leader nella produzione di ausiliari chimici per l'industria ceramica ed in particolare nel settore dei veicoli per la decorazione di piastrelle, ed collaboratrice della presente ricerca.

Tab. 4.1: i composti organici oggetti dalla ricerca: denominazione, sigla di identificazione, tipo e principale funzione.

N.	Denominazione	Sigla	Tipo	Applicazione principale
1	Glicole Monoetilenico	MEG	GLICOLI	lubrificante, bagnante
2	Glicole Dietilenico	DEG	GLICOLI	lubrificante, bagnante
3	Glicole Monopropilenico	MPG	GLICOLI	lubrificante, bagnante
4	Glicole Dipropilenico	DPG	GLICOLI	lubrificante, bagnante
5	Neopentilglicole	NPG	GLICOLI	lubrificante, bagnante
6	Etere Metilico del Glicole Dipropilenico	DPM	GLICOLI	lubrificante, bagnante
7	Glicole Polietilenico 400	PEG 400	GLICOLI	lubrificante, bagnante
8	Glicole Polietilenico 4000	PEG 4000	GLICOLI	lubrificante, bagnante
9	Poliacrilato di Sodio	PAcr-Na	RESINE – resine acriliche	modificatore reologico
10	Carbossimetilcellulosa	CMC	RESINE – cellulose eterificate	legante per smalti
11	Destrina	DES	RESINE – polisaccaridi	modificatore reologico
12	Acrilammide	ACRM	RESINE – ammidi	modificatore reologico
13	Alcool Polivinilico	PVA	RESINE – resine viniliche	collante, fissatore
14	Resina Acetovinilica	PVAc	RESINE – resine viniliche	collante, fissatore

Tab. 4.2 – I composti organici selezionati per la sperimentazione: identificazione, caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche.

Additivo		N. ICSC	N. CAS	Formula	Massa molecolare [g]	Punto di ebollizione [°C]	Punto di infiammabilità [°C] c.c.	Temperatura di auto-accensione [°C]	Solubilità in acqua	Limiti di esposizione occupazionale TLV (mg/m ³)
identificazione	denominazione									
MEG	Glicole Monoetileno	270	107-21-1	C ₂ H ₆ O ₂	62.1	198	111	398	miscibile	100
DEG	Glicole Dietileno	619	111-46-6	C ₄ H ₁₀ O ₃	106.1	245	124	229	miscibile	non definito
MPG	Glicole Monopropileno	321	57-55-6	C ₃ H ₈ O ₂	76.1	188.2	99	371	miscibile	non definito
DPG	Glicole Dipropileno	1055	110-98-5	C ₆ H ₁₄ O ₃	134.2	232	138 o.c.	310	miscibile	non definito
NPG	Neopentilglicole	305	126-30-7	C ₅ H ₁₂ O ₂	104.2	210	107	388	83g/100ml (20°C)	non definito
DPM	Etere Metilico del Glicole Dipropileno	884	34590-94-8	C ₇ H ₁₆ O ₃	148.2	190	74	270	molto buona	100ppm (ACGIH1999)
PEG 400	Glicole Polietileno 400	1517	25322-68-3	[C ₂ H ₆ O ₂] _n	400 (media)	250	171-235	circa 360	solubile	non definito
PEG 4000	Glicole Polietileno 4000			[C ₂ H ₆ O ₂] _n	4000 (media)				solubile	
PAcr-Na	Poliacrilato di Sodio			[C ₃ H ₃ O ₂ Na] _n	polimero, massa mol. variabile				solubile	
CMC	Carbossimetilcellulosa		9004-32-4	C ₆ H ₇ O ₂ (OR ₁)(OR ₂)(OR ₃) [#]	polimero, massa mol. variabile				solubile	
DES	Destrina			[C ₆ H ₁₀ O ₅] _n	polimero, massa mol. variabile				solubile	
ACRM	Acrilammide	91	79-06-1	C ₃ H ₅ NO	71.1	84.5*	138	424	204g/100ml (25°C)	0.03
PVA	Alcool Polivinilico	1489	9002-89-5	[CH ₂ CHOH] _n	polimero, massa mol. variabile	>200*	79 o.c.	nd	buona	non definito
PVAc	Resina Acetovinilica			[C ₄ H ₆ O ₂] _n	polimero, massa mol. variabile				solubile	

IN: International Chemical Safety Cards - Progetto dell'International Programme on Chemical Safety (IPCS) - <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/italian.html>

(*) punto di fusione; (#) dove R1, R2, R3 possono essere: H; CH₂COONa; CH₂COOH; Punto di infiammabilità: o.c. *open cup*, c.c. *closed cup*.

Tab. 4.3 – I composti organici selezionati per la sperimentazione: composizione chimica elementare.

Campione	Analisi elementare C-H-N-S*			C
	N [%]	C [%]	H [%]	[mg/g]
AD01	0.99	37.82	9.55	378.2
AD02	1.79	42.65	9.85	426.5
AD03	1.22	44.19	10.32	441.9
AD04	1.47	50.30	9.98	503.0
AD05	--	58.19	11.78	581.9
AD06	1.01	56.24	10.73	562.4
AD07	1.05	51.14	9.67	511.4
AD08	--	53.81	9.59	538.1
AD09	--	35.54	3.32	355.4
AD10	--	39.75	5.08	397.5
AD11	--	40.48	6.89	404.8
AD12	17.23	48.07	7.16	480.7
AD13	--	52.61	9.31	526.1
AD14	--	53.72	7.24	537.2

Nota: Zolfo assente su tutti i campioni.

*analisi eseguita all'Università degli Studi di Modena e Reggio-Emilia - Dipartimento di Chimica

L'analisi in atmosfera di aria evidenzia fenomeni di evaporazione e decomposizione ossidativa; la corrispondente analisi in azoto dovrebbe mostrare i soli processi di evaporazione e/o pirolisi termica.

Tab. 4.4 – Intervallo termico di evaporazione/decomposizione dagli additivi organici in atmosfera di aria ed azoto⁽²²⁾.

Additivo		Intervallo termico*			
		in ARIA		in AZOTO	
identificazione	denominazione	inizio [°C]	fine [°C]	inizio [°C]	fine [°C]
MEG	Glicole Monoetilenico	97	295	97	320
DEG	Glicole Dietilenico	120	323	112	319
MPG	Glicole Monopropilenico	98	267	70	286
DPG	Glicole Dipropilenico	97	278	109	314
NPG	Neopentilglicole	93	309	99	326
DPM	Etere Metilico del Glicole Dipropilenico	18	231	22	227
PEG 400	Glicole Polietilenico 400	188	700	206	684
PEG 4000	Glicole Polietilenico 4000	372	700	355	684
PAcr-Na	Poliacrilato di Sodio	393	831	216	612
CMC	Carbossimetilcellulosa	277	886	250	900
DES	Destrina	252	843	237	807
ACRM	Acrilammide	180	843	151	900
PVA	Alcool Polivinilico	227	890	252	867
PVAc	Resina Acetovinilica	164	667	199	604

*Analisi TGA + FTIR, gradiente di riscaldamento: 40°C/min.

4.2. Supporti per le prove in laboratorio

Il criterio fondamentale, in cui ci si è attenuti nella progettazione della sperimentazione dei diversi additivi in forno da laboratorio, è stato quello di focalizzare l'attenzione esclusivamente sui composti organici oggetto di studio, eliminando per quanto possibile qualsiasi interferenza esterna.

In accordo con questo criterio, si è scelto di:

1. utilizzare, come supporto, un materiale già cotto. L'uso di un materiale crudo avrebbe comportato il rischio di emissioni di SOV associate alla cottura del supporto, di livello tale da influenzare in misura significativa le emissioni associate ai composti organici oggetto di studio;
2. applicare sul supporto, per le diverse prove, un solo additivo per prova, in una grammatura predefinita ed accuratamente controllata, senza alcuna altra sostanza estranea (ad esempio: ingobbi, smalti, etc.).

In ogni caso, si è provveduto ad una misura preventiva del contenuto di Sostanze Organiche Totali (SOT) delle piastrelle cotte utilizzate, per verificarne l'eventuale presenza entro limiti adeguatamente ristretti. Si è fatto uso dei Metodi Normalizzati di Analisi del Suolo⁽⁴⁾ a cura della *II Commissione della SISS*, che con riferimento al metodo di Determinazione della Sostanza Organica determina l'analisi basata sull'ossidazione della sostanza organica in condizioni standardizzate.

L'ossidazione viene eseguita con dicromato potassico in presenza di acido solforico concentrato alla temperatura alla quale la miscela si riscalda a causa del calore prodotto durante la brusca diluizione dell'acido.

In Tab. 4.5 il supporto utilizzato viene identificato e caratterizzato: un supporto poroso (tipo maiolica), praticamente esente da sostanze organiche.

Tab. 4.5 – Risultati delle prove di caratterizzazione sui supporti utilizzati per le prove su forno da laboratorio di trattamento termico degli additivi in laboratorio.

Tipologia:	biscotto
Formato:	10 x 10cm
Fabbricante:	Ceramica Le Pioppe – Roteglia (RE)
Prove	
Sostanze Organiche Totali (SOT):	<0,1%
Assorbimento d'acqua (AA):	17,3%
Umidità residua*:	0,014%

* intesa come umidità prima dell'applicazione dell'additivo.

4.3. Materiali per le prove industriali

4.3.1. Ceramica A

4.3.1.1 Supporti

Nella sperimentazione svolta nella Ceramica A, come specificato in Tab. 4.6, il forno del quale si sono studiate le emissioni gassose era adibito, durante la sperimentazione svolta, alla cottura di piastrelle in *grès porcellanato smaltato*.

Le caratteristiche delle piastrelle rilevanti ai fini delle elaborazioni dei risultati sono riportate in Tab. 4.6.

Sono state poi eseguite determinazioni di Sostanze Organiche Totali – SOT⁽⁴⁾ utilizzando la stessa metodologia impiegata precedentemente in 4.2 per la caratterizzazione dei supporti cotti per le prove in laboratorio, qui applicata sia sulle piastrelle crude con smalto, sia sulle piastrelle crude senza smalto.

I campioni utilizzati per le analisi SOT consistevano in:

- *piastrella con smalto*: estratti dalle piastrelle decorate, o sia trattate sulla linea di smaltatura durante prova industriale, senza ulteriore trattamento, prelevate prima dell'ingresso al forno di cottura.
- *piastrella senza smalto*: estratti dalle piastrelle trattate nella prova industriale con rimozione meccanica dello strato di smalto.

Tab. 4.6 – Identificazione e specifica delle piastrelle in cottura nella prova industriale svolta presso la Ceramica A.

Azienda:	<i>A</i>
Tipologia:	<i>Grès porcellanato smaltato</i>
Formato (mm):	<i>321.43 x 320.92 x 12</i>
Peso cotto (kg/pezzo):	<i>2.64</i>
Superficie pezzo (m²):	<i>0.103</i>
Sostanze Organiche Totali (SOT) - [%]**	
piastrella senza smalto:	<i>0.4</i>
piastrella con smalto:	<i>0.4</i>

4.3.1.2 Mix di additivi organici

I forni industriali sui quali è stata effettuata la sperimentazione sono stati individuati e prescelti sulla base del criterio che il prodotto in lavorazione durante la campagna di misura fosse caratterizzato da presenza nota e documentata di additivi organici (con riferimento, per la quantificazione, non al prodotto organico nella forma e con le eventuali miscele di diversi principi attivi e con le eventuali diluizioni dei prodotti commerciali, ma ai singoli principi attivi), e che questi additivi organici componenti del mix industriale fossero tra quelli 14 studiati in questa ricerca.

Un ulteriore e ovvio criterio, era la disponibilità dell'azienda non solo ad ospitare la sperimentazione, ma anche a fornire le informazioni tecnologiche e produttive necessarie.

Questa scelta è stata curata da Smaltochimica, il fabbricante degli additivi, che ha individuato due aziende, qui individuate come "Ceramica A" e "Ceramica B".

La composizione totale del mix industriale di additivi organici applicati sul prodotto A durante la fase produttiva della decorazione, così come la grammatura utilizzata riferita al pezzo e anche al metro quadro di piastrelle sono riportate in seguito in Tab. 4.7.

Tab. 4.7 – Identificazione e composizione quantitativa di ogni componente del mix organico industriale del prodotto A.

MIX ORGANICO: PRODOTTO A – GRÈS PORCELLANATO SMALTATO			
Componenti/additivi	Grammatura applicata		
	per pezzo [g/pz]	per metro quadro [g/m²]	Percentuale in peso [%]
MEG	0,986	9,053	59,06
MPG	0,452	4,153	27,09
PAcr-Na	0,121	1,113	7,26
CMC	0,097	0,891	5,81
PVA	0,013	0,119	0,78
Totale	1,669	15,329	100

Si può verificare che la grammatura applicata per unità di superficie è relativamente bassa, pari a 15,33 g/m², evidenziando un basso consumo di additivi organici per il prodotto considerato, del tipo grès porcellanato smaltato. Un'altra osservazione di interesse è la percentuale in peso riferente agli additivi del tipo glicoli contenuta nel mix, pari a 86%,

sottolineando ancora, come precedentemente discusso al Cap. 2, l'importanza di questa famiglia di additivi nella formulazione dei veicoli serigrafici per la decorazione delle piastrelle ceramiche.

I risultati ottenuti di SOT (Tab. 4.6) attestano contenuti organici delle “piastrelle con smalto” e delle “piastrelle senza smalto” uguali, secondo la rilevabilità analitica impiegata.

Considerando anche i risultati riportati in Tab. 4.7, ciò appare ragionevolmente imputabile al fatto che la grammatura di additivi organici per metro quadro (g/m^2) applicata al prodotto in questione è considerevolmente bassa (come menzionato precedentemente), questa che è ancora di più minimizzata quantitativamente con l'effetto di “diluizione” dovuto all'alto peso specifico del prodotto, pari a $25,63 \text{ kg}_{\text{cotto}}/\text{m}^2$, che totalizza una frazione di circa 0,06% in peso di additivi organici sulla *piastrella cruda con smalto*, oggetto dell'analisi SOT.

4.3.2. Ceramica B

4.3.2.1 Supporti

In questa sperimentazione, come specificato in Tab. 4.8, il forno in esame produceva piastrelle smaltate in *monoporosa*. La medesima tabella riporta le caratteristiche maggiormente rilevanti ai fini delle successive elaborazioni dei risultati della sperimentazione, tra queste, i risultati delle analisi di determinazioni di Sostanze Organiche Totali – SOT, utilizzando la stessa metodologia impiegata precedentemente⁽⁴⁾.

Valgono, per i dati riportati in Tab. 4.8, considerazioni analoghe a quelle svolte nel precedente punto 4.3.1.1.

Tab. 4.8 – Identificazione e specifica delle piastrelle in cottura nella prova industriale svolta presso la Ceramica B.

Azienda:	<i>B</i>
Tipologia:	<i>Monoporosa</i>
Formato (mm):	<i>200.4 x 200.5 x 7.1</i>
Peso cotto (kg/pezzo):	<i>0.48</i>
Superficie pezzo (m^2):	<i>0.04</i>
Sostanze Organiche Totali (SOT) - [%]**	
piastrella senza smalto:	<i>0.6</i>
piastrella con smalto:	<i>0.8</i>

4.3.2.2 Mix di additivi organici

La composizione del mix industriale di additivi organici applicati sul prodotto B, durante la fase produttiva della decorazione, così come la grammatura utilizzata con riferimento al pezzo e riferita anche al metro quadro di piastrelle, sono riportate in seguito in Tab. 4.9.

Tab. 4.9 – Identificazione e composizione quantitativa di ogni componente del mix organico industriale del prodotto B.

MIX ORGANICO: PRODOTTO B - MONOPOROSA			
Componenti/additivi	Grammatura applicata		
	per pezzo [g/pz]	per metro quadro [g/m²]	Percentuale in peso [%]
MEG	0,297	7,416	15,08
DEG	1,024	25,602	52,07
DPM	0,105	2,627	5,34
PEG 400	0,372	9,310	18,93
PAcr-Na	0,009	0,216	0,44
CMC	0,096	2,400	4,88
PVA	0,064	1,600	3,25
Totale	1,967	49,171	100

Si verifica in questo caso una grammatura applicata per unità di superficie relativamente alta, pari a 49,17 g/m², evidenziando un alto impiego di additivi organici per il prodotto considerato, del tipo piastrelle smaltate in monoporosa. In confronto al prodotto A (grès porcellanato smaltato), abbiamo un aumento di circa 3 volte della grammatura superficiale di additivi organici impiegata.

Riprendendo in considerazione i risultati ottenuti di SOT riportati in Tab. 4.8, si nota che i contenuti organici delle “piastrelle con smalto” e delle “piastrelle senza smalto” sono prossimi però maggiori per le piastrelle decorate.

La differenza delle SOT può essere imputabile al fatto che la grammatura di additivi organici per metro quadro è considerevolmente alta (49,17 g/m² come menzionato precedentemente), questa proporzionalmente ancora più importante, dovuto al basso peso specifico del prodotto, pari a 12 kg_{cotto}/m², che totalizza una frazione di circa 0,37% in peso di additivi organici sulla *piastrella cruda con smalto*.

Verificasi qui una situazione diversa di quella che caratterizza il prodotto A. Praticamente per il prodotto B abbiamo un aumento circa il 650% nel rapporto tra la massa di additivi applicata ed il peso del prodotto crudo in confronto con il prodotto A, che potrebbe spiegare la differenza riscontrata dei valori di SOT delle piastrelle crude *con* e *senza* decorazione per soltanto il prodotto B.

La percentuale in peso riferente agli additivi del tipo glicoli contenuta nel mix è pari a 91%, ponendo l'accento, una volta in più, all'importanza dei Glicoli nella formulazione dei veicoli serigrafici per la decorazione delle piastrelle ceramiche.

5. METODI

La metodologia sperimentale impiegata alla presente ricerca si basa su 4 punti chiave:

- L'applicazione dell'additivo;
- Il trattamento termico;
- Il prelievo dell'emissione sviluppata in cottura;
- L'analisi dell'emissione.

Questi aspetti vengono trattati in seguito d'accordo con la fase di appartenenza della ricerca, la quale ha compreso, aldilà delle campagne in laboratorio, anche prove su forni industriali.

5.1. Prove in laboratorio

L'approccio tecnico-scientifico adottato per la ricerca prevede l'esecuzione di varie serie di prove di trattamento termico di campioni con applicazione dei 14 additivi organici (§4.1) rappresentativi dei prodotti di attuale, potenziale e più promettente utilizzo per le piastrelle di ceramica, in condizioni accuratamente controllate di flusso in ingresso di ogni singolo principio attivo, temperatura di cottura e ciclo termico, e con la possibilità di effettuare misure di portata volumetrica e concentrazione di diverse SOV nell'emissione gassosa.

Il rispetto di tali condizioni è stato assicurato operando su scala di laboratorio, in un forno elettrico a rulli adatto a prove di cottura di dimensione idonea rispetto alle esigenze sopra richiamate. Il riscaldamento elettrico del forno, in alternativa al riscaldamento per combustione, è stato scelto in modo da ottenere un'emissione gassosa dal forno priva di prodotti di combustione, e dunque non miscelata con sostanze gassose di diversa origine e pertanto più concentrata rispetto alle sostanze oggetto della ricerca.

La metodologia adottata per le campagne di prove effettuate in laboratorio per la caratterizzazione delle emissioni si è compiuta in due tappe:

1. Prove qualitative;
2. Prove quantitative.

5.1.1. Prove preliminari qualitative

La prima tappa consisté praticamente in una fase di approccio sperimentale e analitico, con la realizzazione di una valutazione qualitativa, la dove il primo obiettivo sarebbe proprio la preparazione per la seconda fase

quantitativa, con l'ottenimento delle informazioni necessarie per un adeguato e ottimizzato compimento di quest'ultima: il comportamento di ogni singolo additivo in cottura e la composizione delle emissioni originate in trattamento termico.

Un altro aspetto molto importante dalla prima tappa fu l'avviamento, ed eventuali adeguamenti e/o adattamenti ai requisiti della ricerca, del tutto sistema strumentale: la linea di applicazione di additivo, il forno elettrico a rulli e la linea di prelievo delle emissioni.

Con riferimento alle analisi delle emissioni, in questa fase sono state determinate quali sono le sostanze organiche liberate in trattamento termico da ogni singolo additivo studiato nella ricerca provati, ovviamente, uno alla volta.

5.1.1.1. Piano delle prove

In questa fase sono state pianificate ed effettuate 2 prove di trattamento termico per ciascun additivo.

Per ogni additivo sono state specificate:

- a) la grammatura da applicare, in g/m^2 (ed anche in g/pezzo) del rispettivo principio attivo. Tale specifica è stata definita sulla base della pratica industriale ed in funzione dell'esigenza di ottenere livelli di emissione di SOV rilevabili con le tecniche prescelte;
- b) la grammatura da applicare, in g/m^2 (ed anche in g/pezzo) della soluzione in cui il principio attivo è disponibile, in modo da assicurare le grammature di cui al punto (a) precedente;
- c) la temperatura massima di trattamento termico impostata.

La specifica del piano di prova per ciascuno dei 14 composti organici selezionati (vedi 4.1) è riportata in Tab. 5.1.

In base alle grammature medie applicate industrialmente nel processo di decorazione delle piastrelle ceramiche ed il quanto menzionato al *Capitolo 2 – Introduzione*, si sono definite le grammature utilizzate in questa tappa, dove si è stata verificata anche la rispettiva adeguatezza fronte ai metodi di prelievo e analisi delle emissioni organiche impiegati nella ricerca, avendo sempre come scopo un buon riscontro analitico.

È stata determinata una grammatura di $25,0 \text{ g/m}^2$ per i Glicoli e di 11 g/m^2 per le Resine (Tab. 5.1). Si evidenzia che nel caso delle resine la quantità dell'additivo applicata corrisponde al doppio della grammatura media industriale, questa soluzione è stata presa per allineare alle sensibilità strumentali relativamente ai flussi di gas prelevati.

Tab. 5.1 – Quantità specifica di additivo e temperature massime di trattamento termico - prove qualitative.

Additivo	Grammatura additivo*		disponibile in soluzione [%]	Grammatura pratica additivo in soluzione		Temperatura di trattamento termico °C
	[g/m ²]	[g/pz]		[g/m ²]	[g/pz]	
MEG	25	0.25	100	25	0.25	700
DEG	25	0.25	100	25	0.25	700
MPG	25	0.25	100	25	0.25	700
DPG	25	0.25	100	25	0.25	700
NPG	25	0.25	50	50	0.50	700
DPM	25	0.25	100	25	0.25	700
PEG 400	25	0.25	100	25	0.25	700
PEG 4000	25	0.25	25	100	1.00	900
PAcr-Na	11	0.11	20	55	0.55	900
CMC	11	0.11	5	220	2.20	900
DES	11	0.11	20	55	0.55	900
ACRM	11	0.11	5	220	2.20	900
PVA	11	0.11	10	110	1.10	900
PVAc	11	0.11	20	55	0.55	900

La temperatura massima di trattamento termico è stata definita prendendo come riferimento i dati disponibili in letteratura ^(16, 17, 22) e quelli riportati in Tabella 4.4 che informano l'intervallo termico di evaporazione e decomposizione dei composti organici considerati in questa ricerca. La temperatura massima impostata è stata determinata anche in base al tipo dell'additivo: per i glicoli una temperatura massima di 700°C, invece per le resine di 900°C.

5.1.1.2. Applicazione dell'additivo: apparati, sperimentazione e procedura

Per l'applicazione dell'additivo ci si è avvalsi di una sezione – tratto di 3 m - di linea di smaltatura, comprendente cinghie/pulegge di trasporto e una cabina di smaltatura con apparato di spruzzatura.

Per trasportare i supporti campioni sul tratto di 3 m di linea sono state sistemate le cinghie ad un interasse di 8 cm. Gli additivi sono applicati mediante una cabina a spruzzo installata al centro della linea stessa, ed alimentata da una pompa bistabile azionata ad aria compressa. L'additivo in eccesso è recuperato alla base della cabina e raccolto nella vasca d'alimentazione della pompa.

La velocità di transito del campione è regolata mediante due differenti metodi:

- a) variatore meccanico di velocità calettato sulla puleggia motrice delle cinghie, utilizzato per una regolazione grossolana;
- b) variatore di frequenza (*inverter*) d'eccitazione del motore collegato al variatore di velocità, utilizzato per una regolazione fine.

Conseguentemente, il peso applicato di additivo (rilevato tramite bilancia elettronica con precisione di 0,001g), può essere controllato e, quindi regolato alla grammatura teorica, attraverso la variazione della pressione della pompa di alimentazione dalla cabina a spruzzo ed anche con la variazione della velocità di transito dei campioni sulla linea di applicazione tramite il motovariatore e l'*inverter*, come precedentemente menzionato.

Per realizzare prove preliminari di funzionamento ed impostazione della linea di applicazione degli additivi, sono state effettuate prove di regolazione con l'utilizzo di acqua come fluido da applicare.

In tabella 5.2 si riportano i risultati di queste prove, effettuate per regolare e determinare i parametri operativi avendo come obiettivo le due grammature preliminarmente predefinite, tenendo in considerazione anche una eventuale diluizione del principio attivo. La colonna "prova", descritta come "sigla-ripetuta", individua l'impostazione provata seguita del numero della ripetizione che è stata eseguita.

Partendo dai risultati ottenuti dalle prove di regolazione con l'utilizzo d'acqua ora descritte, è stata impostata la procedura di impiego degli additivi per le prove iniziali sull'impianto da laboratorio.

La Tab. 5.3 riporta: l'additivo applicato con relativa sigla; le regolazioni della linea di applicazione; la grammatura effettivamente applicata, sia per piastrella, sia per unità di superficie. Nelle colonne delle regolazioni i valori in grassetto sono quelli cambiati nella sequenza delle prove.

Tab. 5.2 – Sintesi dei risultati delle prove preliminari di applicazione, e specifica delle condizioni di applicazione prescelte per le sperimentazioni in laboratorio.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV				
		Prove preliminari di regolazione della linea				
Additivo applicato	Prova [sigla-ripetuta]	Pressione comando della pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza di eccitazione [Hz]	Peso applicato [g]	Grammatura [g/m ²]
Acqua	1 - 0	3	0	50.0	0.303	30.3
	2 - 0	3	0	40.0	0.260	26.0
	2 - 1	3	0	40.0	0.262	26.2
	2 - 2	3	0	40.0	0.267	26.7
	2 - 3	3	0	40.0	0.261	26.1
	3 - 0	3	0	30.0	0.360	36.0
	4 - 0	5	0	30.0	0.335	33.5
	5 - 0	3	-1	30.0	0.436	43.6
	6 - 0	3	-2 (**)	30.0	0.533	53.3
	7 - 0	3	-2 (**)	20.0	0.832	83.2
	8 - 0	3	-1	20.0	0.720	72.0
	9 - 0	3	-1	25.0	0.503	50.3
	9 - 1	3	-1	25.0	0.566	56.6
	9 - 2	3	-1	25.0	0.552	55.2
	10 - 0	3	-1	22.5	0.602	60.2
	10 - 1	3	-1	22.5	0.612	61.2
	10 - 2	3	-1	22.5	0.615	61.5
	11 - 0	3	-1	45.0	0.278	27.8
	11 - 1	3	-1	45.0	0.278	27.8
	11 - 2	3	-1	45.0	0.278	27.8
12 - 0	3	-1	50.0	0.227	22.7	
12 - 0	3	-1	50.0	0.250	25.0	

Note:

(*) In questa fase si è assunto come dimensione delle piastrelle 100 x 100 mm;

(**) Corrisponde al punto inferiore del campo di variazione consentito dal motovariatore;

Tab. 5.3 – Regolazioni della linea di applicazione per le prove effettuate con l'utilizzo degli additivi organici selezionati.

Centro Ceramico Bologna		<i>SOV - Regolazione della linea</i>						
Additivo applicato	Prova sigla- ripetuta	Pressione di comando della pompa bar	Posizione del motovariatore giri	frequenza di eccitazione Hz	Peso applicato g	Dimensioni piastrella		Grammat ura g/m ²
						lato A mm	lato B mm	
DEG	11-3 ⁽¹⁾	3	0	45.0	0.337	100	100	33.7
	13-0	4	0	45.0	0.385	100	100	38.5
	14-0	4	0	48.0	0.349	100	100	34.9
	15-0	5	0	50.0	0.341	100	100	34.1
	16-0	5	0	60.0	0.281	99.8	99.7	28.2
	16-1	5	0	60.0	0.283	99.6	99.6	28.5
PEG 400	16-1 ⁽²⁾	5	0	60.0	0.341	100	100	34.1
	17-0	6	0	60.0	0.414	100	100	41.4
	18-0	4	0	60.0	0.713	100	100	71.3
	19-0	6	0	75.0	0.315	100	100	31.5
	20-0	6	0	85.0	0.269	99.8	99.6	27.1
	20-1	6	0	85.0	0.237	99.8	99.6	23.8
DEG	23-1	5	0	70.0	0.270	100	100	27.0
PEG 400	24-0	8	0	85.0	0.310	100	100	31.0
	25-0	6	0	85.0	0.290	100	100	29.0
	26-0	5	0	85.0	0.026	100	100	2.6
MEG	28-0	5	0	70.0	0.222	100	100	22.2
	28-1*	5	0	70.0	0.265	99.9	99.8	26.6
	28-2*	5	0	70.0	0.255	100.0	99.8	25.5
MPG	29-0	5	0	70.0	0.310	100	100	31.0
	30-0	5	0	75.0	0.231	100	100	23.1
	31-0	5	0	73.0	0.214	100	100	21.4
	32-0	5	0	72.0	0.230	100	100	23.0
	33-0	5	0	70.7	0.239	100	100	23.9
	34-0*	5	0	69.0	0.241	99.9	100.0	24.1
	34-1	5	0	69.0	0.182	100	100	18.2
	35-0	5	0	64.0	0.230	100	100	23.0
	36-0	5	0	63.0	0.233	100	100	23.3
	37-0	5	0	61.0	0.218	100	100	21.8
	38-0	5	0	58.0	0.322	100	100	32.2
	39-0	5	0	59.5	0.312	100	100	31.2
40-0*	5	0	60.5	0.272	99.8	99.8	27.3	
DPG	45-0*	5	0	80.0	0.274	100	100	27.4
	45-1*	5	0	80.0	0.291	100.0	100.0	29.1
DPM	46-0	5	0	80.0	0.136	100	100	13.6
	47-0	5	0	70.0	0.162	100	100	16.2
	48-0	5	0	55.0	0.178	100	100	17.8
	49-0*	5	0	35.0	0.270	100.0	100.0	27.0
	49-1	5	0	35.0	0.502	100	100	50.2
	50-0	5	0	50.0	0.327	100	100	32.7
	51-0*	5	0	60.0	0.265	100.0	100.0	26.5

Continuazione Tab. 5.3:

Additivo applicato	Prova sigla- ripetuta	Pressione di comando della pompa bar	Posizione del motoriduttore giri	frequenza di eccitazione Hz	Peso applicato g	Dimensioni piastrella		Grammatura g/m ²
						lato A mm	lato B mm	
NPG ³	59-0	4	0	80.0	0.391	100	100	19.6
	60-0	4	0	25.0	0.696	100	100	34.8
	61-0	4	0	30.0	0.512	100	100	25.6
	61-1*	4	0	30.0	0.506	99.9	99.7	25.4
	61-2	4	0	30.0	0.491	100	100	24.6
	62-0*	4	0	29.0	0.520	99.8	99.7	26.1
PEG 4000 ⁴	63-0	4	0	15.0	1.125	100	100	28.1
	63-1*	4	0	15.0	1.180	99.9	99.8	29.6
	63-2	4	0	15.0	1.027	100	100	25.7
	63-3*	4	0	15.0	1.250	99.9	100.0	31.3
PAcr-Na ⁵	64-0	4	0	27.0	0.560	100	100	11.2
	65-0*	4	0	29.0	0.517	100.0	99.9	10.4
	65-1	4	0	29.0	0.391	100	100	7.8
	65-2	4	0	29.0	0.401	100	100	8.0
	66-0	4	0	27.5	0.430	100	100	8.6
	67-0	4	0	26.0	0.451	100	100	9.0
	68-0	4	0	23.0	0.539	100	100	10.8
	69-0*	4	0	23.5	0.517	100.0	100.0	10.3
CMC ⁶	70-0*	4	0	15.0	2.225	100	100	11.1
	70-1*	4	0	15.0	2.223	100	100	11.1
DES ⁵	71-0*	4	0	28.4	0.580	100	100	11.6
	71-1*	4	0	28.4	0.607	100	100	12.1
ACRM ⁶	72-0*	4	0	28.4	2.372	100	100	11.9
	72-1*	4	0	28.4	2.310	100	100	11.6
PVA ⁷	79-0	5	0	15.0	0.978	100	100	9.8
	80-0	5	0	13.0	1.201	100	100	12.0
	81-0	5	0	14.0	1.107	100	100	11.1
	81-1*	5	0	14.0	1.151	99.9	99.8	11.5
	81-2*	5	0	14.0	1.081	99.8	99.8	10.9
PVAc ⁵	82-0	5	0	27.0	0.610	100	100	12.2
	83-0	5	0	29.0	0.590	100	100	11.8
	84-0*	5	0	31.0	0.550	99.9	99.8	11.0
	84-1	5	0	31.0	0.524	100	100	10.5
	85-0	5	0	31.0	0.520	100	100	10.4
	86-0*	5	0	30.5	0.553	100.0	99.9	11.1

Note:

- (1) I set point sono identici alla prova 11 della Tab. 5.2, la posizione del motoriduttore è stata considerata come zero in quanto questa posizione permetteva di soddisfare le grammature di progetto.
 - (2) Ripetuto set-point della prova 16 (tab. 5.2), con AD 07.
 - (3) Soluzione al 50%.
 - (4) Soluzione al 25%.
 - (5) Resina in soluzione al 20%.
 - (6) Resina in soluzione al 5%. CMC: 2 passaggi sotto l'aerografo; ACRM: 4 passaggi sotto l'aerografo.
 - (7) Resina in soluzione al 10%.
- I campioni segnati con "*" sono quelli utilizzati per la prova di trattamento termico.

5.1.1.3. Il forno da laboratorio

Il forno da laboratorio adottato è schematizzato in Fig. 5.1. Il forno è di costruzione *Ipeg srl*. Ecco le caratteristiche salienti, importanti ai fini delle sperimentazioni svolte:

- riscaldamento elettrico: questa scelta – particolarmente funzionale anche alla dimensione dell'apparato – è importante ai fini del conseguimento dei risultati attesi della sperimentazione. Il riscaldamento elettrico – rispetto al riscaldamento per combustione di gas naturale, come nei forni industriali – comporta l'assenza di prodotti della combustione, entro i quali le eventuali sostanze organiche volatili emesse verrebbero diluite, fino a concentrazioni molto basse: con il conseguente rischio, nell'ambito delle sperimentazioni, di non rilevare la presenza di sostanze per altri versi interessanti;
- resistenze elettriche, disposte sia sopra che sotto il piano dei rulli, azionabili e regolabili separatamente;
- movimentazione a rulli, azionati da motore in grado di assicurare la velocità di avanzamento prescelta, in un campo di velocità ampio e congruente con il corrispondente parametro dei forni industriali;
- movimentazione a rulli con possibilità di brandeggio: in questo modo è possibile regolare il tempo di permanenza del materiale in cottura ad una predefinita temperatura, ancora una volta in un campo molto ampio;
- possibilità di impostare qualunque ciclo termico, con velocità di riscaldamento [$^{\circ}\text{C}/\text{min}$] dello stesso ordine rispetto ai forni industriali (con temperatura massima, T_{max} , generalmente impostata nella sezione a metà della lunghezza del forno). Questa flessibilità e versatilità del forno deriva dalle caratteristiche costruttive appena descritte.

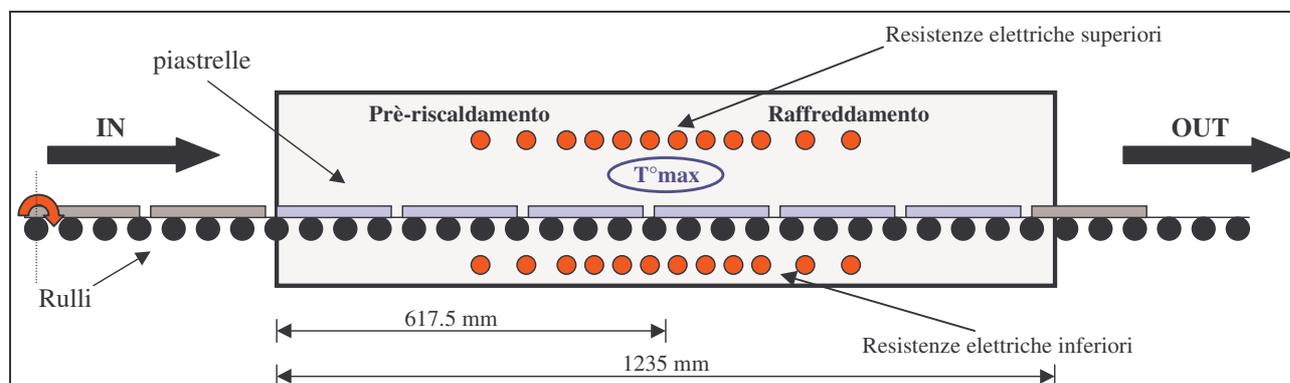


Fig. 5.1 – Schema del forno da laboratorio.

In queste prove i cicli termici sono agevolmente simulati, predisponendo - mediante la regolazione della velocità dei rulli - i tempi di durata delle prove alle diverse temperature di cottura.

5.1.1.4. Metodo di prelievo fumi per le analisi delle emissioni

Le prove “qualitative” sono state condotte secondo il modello schematizzato in Fig. 5.2. In ogni prova viene sottoposto a cottura, secondo il ciclo termico prefissato, un solo pezzo. E’ stato scelto un ciclo termico uguale per tutti, in termini di velocità di avanzamento, o sia, la temperatura massima impostata (vedi Tab. 5.1) nella sezione a metà della lunghezza del forno è raggiunta in 30 min nominali.

Sulla superficie del pezzo viene collocata la sonda di aspirazione, mantenuta solidale con il provino e nella posizione voluta da apposito carrello, che la muove con la stessa velocità di avanzamento del pezzo. La sonda di aspirazione è equipaggiata con una termocoppia, indicante la temperatura in ogni istante, ed è collegata, ovviamente, alla sezione di prelievo delle SOV (si veda in proposito il § 5.3).

In definitiva, il sistema è stato progettato ed installato con l’obiettivo di catturare, mentre si formano e con adeguata efficienza, le SOV liberate dal provino durante il riscaldamento. Rispetto agli scopi “qualitativi” di questa specifica attività, il dispositivo adottato viene riconosciuto come adeguato.

Si è scelto di strutturare l’attività sperimentale in modo tale da eseguire 2 singoli cicli di cottura della durata di 30 minuti ciascuno per ogni singolo additivo. Durante il primo ciclo vengono eseguiti i campionamenti relativi a 2 dei metodi di analisi in considerazione mentre durante il secondo ciclo di trattamento termico vengono eseguite gli altri 2 metodi. I riferiti metodi di prelievo e analisi saranno descritti posteriormente al punto 5.3. *Misure sulle Emissioni: Metodi di Prelievo ed Analisi.*

La suddivisione dei metodi tra i 2 cicli è stata effettuata in modo da creare le stesse condizioni di prelievo per i 2 cicli di cottura. I prelievi vengono effettuati dal momento dell’ingresso della piastrella nel forno (temperatura ambiente) fino alla temperatura massima di 700°C o 900°C secondo la tipologia di additivo.

Come anteriormente menzionato il dispositivo di prelievo consiste in una cannula di materiale refrattario che aspira aria direttamente della superficie della piastrella e che si muove assieme alla piastrella stessa. L’estremità esterna della cannula è collegata, attraverso tubazioni di *Teflon*® FEP (copolimeri di tetrafluoroetilene-esafluoropropilene) ai dispositivi di campionamento (Fig. 5.2).

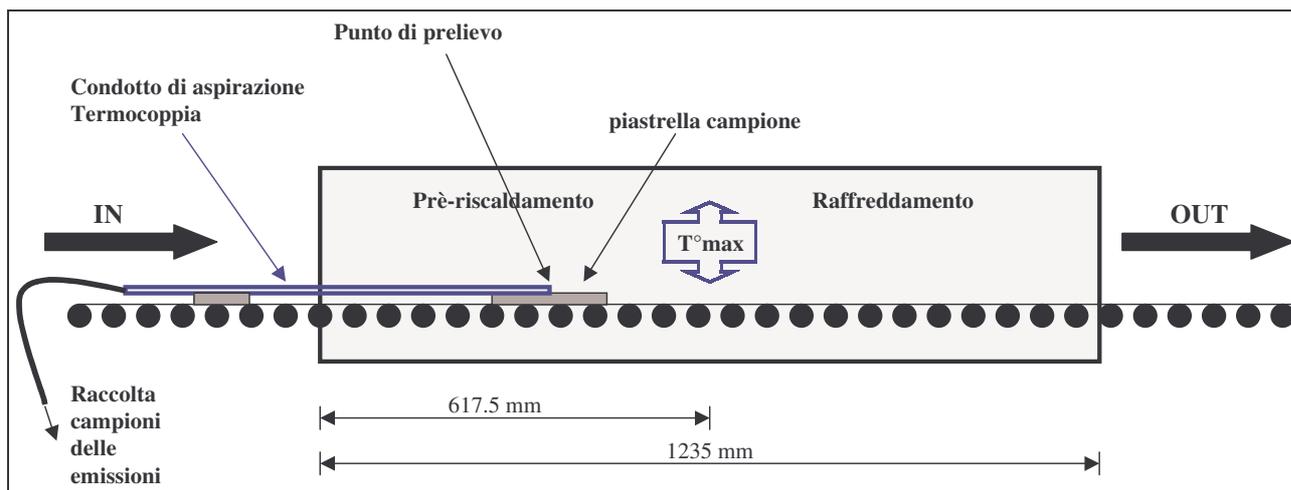


Fig. 5.2 – Schema del metodo di prelievo dei fumi sviluppati durante il trattamento termico – prove qualitative.

Durante il primo ciclo di cottura vengono eseguiti i campionamenti per la determinazione delle *Aldeidi* e per la determinazione del *Carbonio Organico Totale* in forma gassosa nell'aria campionata tal quale. La portata di aspirazione per il campionamento delle aldeidi è di 0,5 l/min mentre per introdurre l'aria da analizzare nelle sacche di materiale inerte è di circa 100 ml/min. Nei 30 minuti del ciclo il dispositivo per le aldeidi camperà 15 litri di aria mentre nella sacca di *Tedlar*® saranno introdotti circa 3-4 litri di aria.

Durante il secondo ciclo di cottura vengono eseguiti i campionamenti per la determinazione dei *Glicoli* e per la determinazione e identificazione dei *Composti Organici (COV)*. La portata di aspirazione per il campionamento dei glicoli è di 0,5 l/min mentre per la determinazione e identificazione dei COV è di circa 100 ml/min suddivisi in due dispositivi di campionamento identici.

La determinazione e identificazione dei COV viene eseguita in doppio poiché la tecnica permette una sola analisi per campione: avendo a disposizione due fiale di campionamento identiche è possibile ottimizzare la fase analitica in relazione al diverso campo di concentrazione dei possibili composti presenti.

Nei 30 minuti di ciclo il dispositivo per i glicoli campiona 15 litri di aria mentre ciascuna fiala di campionamento per composti organici volatili corrisponde a 1,5 – 2 litri di aria.

5.1.1.5. Prove di trattamento termico

Le condizioni operative delle prove qualitative sono riassunte in Tab. 5.4, la quale riporta:

- Additivo, grammatura teorica, *set-point* della linea (vedi in proposito la precedente Tab. 5.3) e sigla del campione;
- Caratterizzazione della piastrella come dimensioni e pesi prima e dopo applicazione;
- Grammatura applicata espressa con riferimento alla piastrella (considerando la soluzione dell'additivo impiegata), e alla superficie unitaria (considerando il principio attivo - p.a.);
- Condizioni prima della cottura. In particolare si sono misurati e registrati i seguenti parametri:
 - a) temperatura ambiente (del luogo in cui i provini sono stati preparati e conservati prima dell'alimentazione al forno);
 - b) intervallo di tempo trascorso tra la fine dell'applicazione dell'additivo organico e l'inizio della cottura;
- Temperatura massima rilevata con la termocoppia sopra la piastrella ed il tempo necessario per raggiungerla;
- Peso dopo cottura della piastrella;

Come precedentemente riportato, le prove di trattamento termico sono state programmate in modo tale da eseguire due cicli di cottura per ogni singolo additivo, determinati per motivi di campionamento delle emissioni per i vari tipi di analisi da eseguire: aldeidi, carbonio organico totale, glicoli e composti organici volatili.

Ulteriormente alle prove eseguite utilizzando tutti i 14 additivi applicati sul supporto secondo la procedura prestabilita, sono state realizzate anche prove di cottura con l'uso soltanto del supporto, senza nessuna applicazione, i cui campioni sono chiamati "bianco" (Tab. 5.4), ai fini di ottenere l'eventuale "fondo-scala", conseguenza appunto delle sostanze liberate dalla cottura del supporto stesso.

I risultati delle prove qualitative sono riportati al § 6.1.1.

Tab. 5.4 – Sintesi delle condizioni operative delle prove preliminari qualitative in forno da laboratorio

Centro Bologna		SOV Piastrelle Ceramiche													
		Elaborazione dati													
Prova	Additivo chimico	Gramma- tura (teorica)	Set- Point linea	Campi one	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Condizioni prima della cottura		Cottura		Peso dopo cottura
					lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g]	[g/m ²]	[min]	[°C]	Temp. Max	Tempo	
		[g/m ²]	[n°]	[sigla]	[mm]	[g]	[g]	[g]	[g/m ²]	[min]	[°C]	[°C]	[min]	[g]	
1	DEG	25	16	02-1	99.8	99.7	n.r.	n.r.	0.281	28.2	20	23	496	33	n.r.
2	DEG	25	16	02-2	99.6	99.6	148.349	148.632	0.283	28.5	immediato		496	31	n.r.
3	PEG 400	25	20	07-1	99.8	99.6	152.407	152.676	0.269	27.1	2	24	700	30	n.r.
4	PEG 400	25	20	07-2	99.8	99.6	150.838	151.075	0.237	23.8	3	24	700	30	n.r.
5	DEG	25	23	02-4	99.8	99.6	154.438	154.708	0.270	27.2	11	25	500	29	154.383
6	PEG 400	25	26	07-3	99.8	99.6	151.070	151.330	0.260	26.2	5	25	700	29	151.013
7	Bianco	-	-	0-1	99.8	99.6	147.888	147.888	-	-	-		700	29	147.826
8	Bianco	-	-	0-2	99.8	99.6	152.930	152.930	-	-	-		700	30	152.871
9	MEG	25	28	01-1	99.9	99.8	147.051	147.316	0.265	26.6	5	25	700	25	146.956
10	MEG	25	28	01-2	100.0	99.8	152.271	152.526	0.255	25.5	immediato		700	28	152.169
11	MPG	25	34	03-1	99.9	100.0	148.531	148.772	0.241	24.1	immediato		693	28	148.426
12	MPG	25	40	03-2	99.8	99.8	149.371	149.643	0.272	27.3	immediato		698	28	149.304
13	DPG	25	45	04-1	100.0	100.0	146.881	147.155	0.274	27.4	n.r.	26	692	29	146.941
14	DPG	25	45	04-2	100.0	100.0	145.796	146.087	0.291	29.1	n.r.	26	695	30	145.751
15	DPM	25	49	06-1	100.0	100.0	147.859	148.129	0.270	27.0	immediato		697	30	147.824
16	DPM	25	51	06-2	100.0	100.0	148.735	149.000	0.265	26.5	immediato		696	29	148.697
17	NPG ¹	25	61	5-1	99.9	99.7	148.545	149.051	0.506	25.4	immediato		682	31	148.490
18	NPG ¹	25	62	5-2	99.8	99.7	147.996	148.516	0.520	26.1	immediato		694	28	147.946
19	PEG 4000 ²	25	63	8-1	99.9	99.8	145.147	146.327	1.180	29.6	immediato		895	27	145.094
20	PEG 4000 ²	25	63	8-2	99.9	100.0	145.458	146.708	1.250	31.3	immediato		893	27	145.409
21	PAcr-Na ³	11	65	9-1	100.0	99.9	144.632	145.149	0.517	10.4	immediato		893	29	144.521
22	PAcr-Na ³	11	69	9-2	100.0	100.0	146.425	146.942	0.517	10.3	immediato		894	29	146.386
23	CMC ⁴	11	70	10-1	100.0	100.0	145.233	147.458	2.225	11.1	n.r.		900	n.r.	145.189
24	CMC ⁴	11	70	10-2	100.0	100.0	146.124	148.347	2.223	11.1	n.r.		900	n.r.	146.092
25	DES ³	11	71	11-1	100.0	100.0	145.580	146.160	0.580	11.6	n.r.		900	n.r.	145.530
26	DES ³	11	71	11-2	100.0	100.0	146.820	147.427	0.607	12.1	n.r.		900	n.r.	146.759
27	ACRM ⁴	11	72	12-1	100.0	100.0	145.111	147.483	2.372	11.9	n.r.		900	n.r.	n.r.
28	ACRM ⁴	11	72	12-2	100.0	100.0	144.320	146.630	2.310	11.6	n.r.		900	n.r.	n.r.
29	Bianco	-	-	0-3	n.r.	n.r.	n.r.	-	-	-	immediato		900	30	n.r.
30	Bianco	-	-	0-4	n.r.	n.r.	n.r.	-	-	-	immediato		900	30	n.r.
31	PVA ⁵	11	81	13-1	99.9	99.8	145.625	146.776	1.151	11.5	immediato		898	26	145.572
32	PVA ⁵	11	81	13-2	99.8	99.8	143.009	144.090	1.081	10.9	immediato		898	27	142.958
33	PVAc ³	11	84	14-1	99.9	99.8	147.162	147.712	0.550	11.0	immediato		894	27	147.099
34	PVAc ³	11	86	14-2	100.0	99.9	144.598	145.151	0.553	11.1	immediato		893	27	144.512

Note:

- (1) Soluzione al 50%.
- (2) Soluzione al 25%
- (3) Soluzione al 20%
- (4) Soluzione al 5%
- (5) Soluzione al 10%

5.1.2. Prove quantitative

La prima tappa sperimentale, appena descritta, è consistita di prove qualitative con le quali si è acquisita la conoscenza della composizione delle emissioni originate in trattamento termico di ogni singolo additivo e, ugualmente importante, la padronanza ed il controllo dell'intero sistema sperimentale, conoscendo i suoi limiti e le sue possibilità, risultanti dal collaudo dello stesso durante la realizzazione della campagna di prove.

Posteriormente, sono state effettuate le *prove quantitative* di cui l'obiettivo è la determinazione oltre che a quali sostanze organiche sono presenti nelle emissioni gassose associate alla cottura di ogni singolo additivo, come in quali *concentrazioni* le stesse sono riscontrate.

5.1.2.1. Piano delle prove con gli additivi

Ciascun additivo è stato provato singolarmente. Per ciascuna prova sono state specificate: grammatura del principio attivo, grammatura della soluzione dell'additivo utilizzata e temperatura di trattamento termico.

Come mostrato in Tab. 5.5, per tali parametri sono stati prefissati, per le prove quantitative, gli stessi valori adottati per le precedenti prove qualitative (vedi Tab. 5.1), con soltanto l'aggiunta di prove a temperature massime di cottura dette "basse" effettuate a 300°C e, per alcuni additivi in particolare, anche ad un livello termico intermedio di 500°C, oltre alle già considerate di 700°C per i glicoli e 900°C per le resine, conforme descritto in seguito al 5.1.2.5).

5.1.2.2. Applicazione dell'additivo: apparati e procedura

Ogni prova quantitativa ha richiesto un lotto di provini (supporti cotti 10 x 10 cm descritti in 4.2, con applicazione di ciascun additivo nelle grammature specificate in Tab. 5.5), la cui consistenza numerica è funzione, come verrà nel seguito trattato, della temperatura massima stabilita per la prova.

Ciascun provino è stato preparato e controllato seguendo la medesima procedura descritta nel § 5.1.1.2. I parametri operativi di ciascuna prova ed i risultati delle misure eseguite sui provini verranno riportati nel successivo Capitolo 6, associati ai rispettivi risultati delle caratterizzazioni delle emissioni gassose.

Tab. 5.5 – Quantità specifica di additivo e temperature massime di trattamento termico – prove quantitative.

Additivo	Grammatura additivo [1:1]		Soluzione acquosa [%]	Grammatura pratica additivo in soluzione		Temperature di trattamento termico			
	[g/m ²]	[g/pz]		[g/m ²]	[g/pz]	min	med	max	
°C									
GLICOLI	MEG	25	0.25	100	25	0.25	300	-	700
	DEG	25	0.25	100	25	0.25	300	500	700
	MPG	25	0.25	100	25	0.25	300	-	700
	DPG	25	0.25	100	25	0.25	300	500	700
	NPG	25	0.25	50	50	0.50	300	-	700
	DPM	25	0.25	100	25	0.25	300	500	700
	PEG 400	25	0.25	100	25	0.25	300	500	700
	PEG 4000	25	0.25	25	100	1.00	300	-	700
RESINE	PAcr-Na	11	0.11	20	55	0.55	300	500	900
	CMC	11	0.11	5	220	2.20	300	500	900
	DES	11	0.11	20	55	0.55	300	-	900
	ACRM	11	0.11	5	220	2.20	300	500	900
	PVA	11	0.11	10	110	1.10	300	-	900
	PVAc	11	0.11	20	55	0.55	300	-	900

5.1.2.3. Pianificazione e conduzione delle prove con provini estratti dalle piastrelle industriali

La stessa procedura delle prove quantitative in laboratorio, descritta nei paragrafi precedenti, è stata adottata anche per provini estratti dalle piastrelle prodotte industrialmente, raccolte prima della cottura durante le rispettive prove industriali (vedi § 4.3).

In Tab. 5.6 i provini in esame sono identificati e specificati. La grammatura del mix di additivi (tabelle 4.7 e 4.9) è stata dedotta dalla scheda di prodotto (dunque, comunicata e confermata dall'azienda). Per entrambi i provini sono state effettuate due prove in forno da laboratorio, alla temperatura massima di trattamento termico di 300 e 900 °C rispettivamente.

Tab. 5.6 – Quantità specifica delle applicazioni e temperature massime di trattamento termico

Campione identificazione	Grammatura* mix additivi [g/m ²]	Temperature di trattamento termico [°C]	
Mix A	15.33	300	900
Mix B	49.17	300	900

Nota: (*) applicazione sulla linea di decorazione industriale.

5.1.2.4. Il forno da laboratorio modificato

Per le prove quantitative sono state ottemperate alcune modifiche del forno da laboratorio precedentemente utilizzato per le prove qualitative.

Le prove quantitative richiedono:

- una produzione continua, per un tempo sufficiente per l'esecuzione delle misure e prelievi previsti;
- un'emissione convogliata di qualità e quantità costante, una volta raggiunte le condizioni di regime: un'emissione della quale sia possibile misurare, con le opportune metodologie, sia la portata volumetrica [in Nm³/h], sia la concentrazione [mg/Nm³] delle diverse SOV oggetto del nostro interesse.

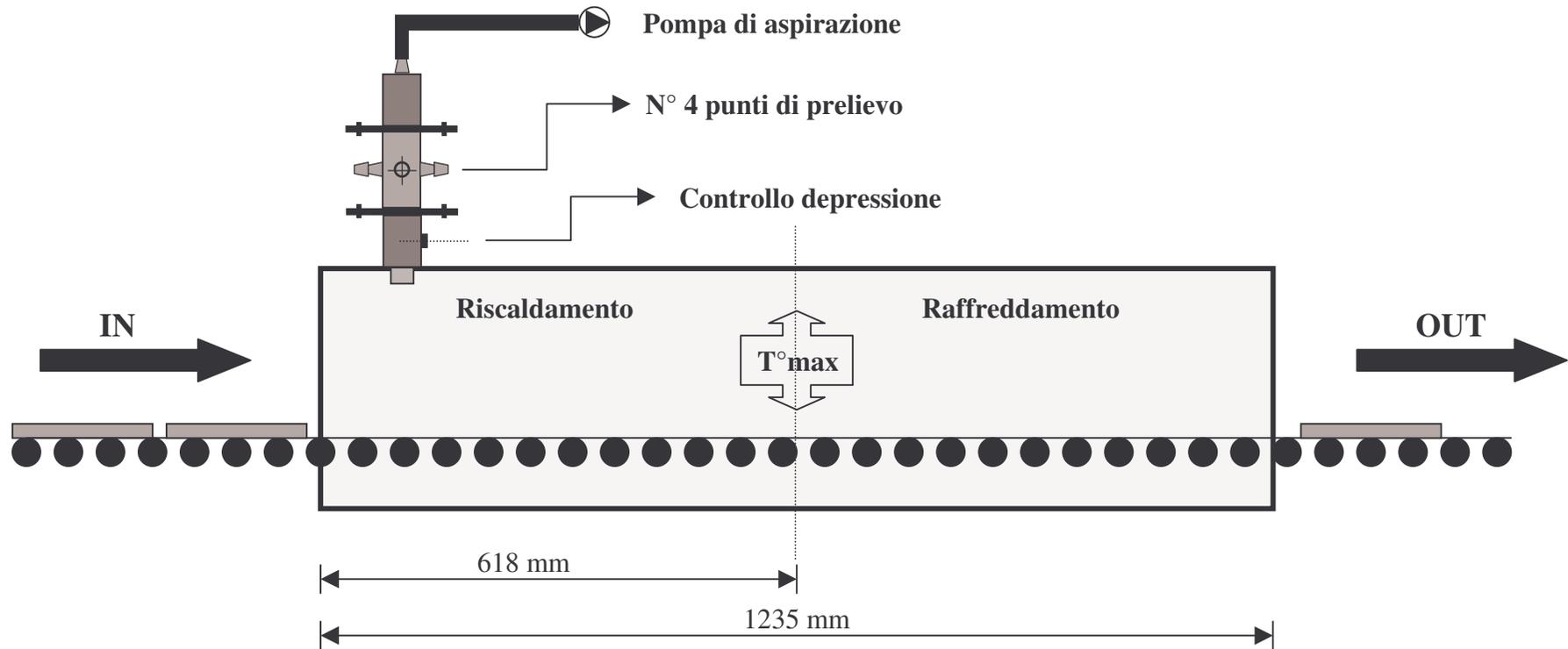
Il forno da laboratorio è stato modificato in modo da rispettare le richieste menzionate sopra e da avere dei punti di prelievo che consentano di lavorare nello stesso modo in cui si effettuano le analisi ai camini dei forni industriali.

In particolare è stato realizzato un camino che consente, attraverso un'aspirazione forzata tramite centralina, il prelievo dei fumi che si sviluppano durante la cottura dei provini con gli additivi da provare. Il forno viene posto quindi in depressione ed attraverso i punti di prelievo è possibile inviare ai diversi sistemi di analisi, i fumi che si sviluppano durante il trattamento termico.

In Fig. 5.3 riporta lo schema del forno modificato. Si noti, in particolare:

- il condotto di emissione: l'aspirazione è assicurata mediante una centralina attrezzata per la misura ed il controllo della portata volumetrica, oltre che di temperatura e pressione. Il collegamento del condotto di emissione alla centralina di aspirazione è assicurato mediante tubo in gomma inserito in uno speciale raccordo applicato nella sezione finale del condotto;

Fig. 5.3 – Schema del forno da laboratorio adattato per le prove quantitative.



- l'indicatore per il controllo della depressione nella sezione di inizio del condotto;
- l'attrezzatura della sezione di prelievo del campione di emissione da analizzare. Tale sezione è dotata di 4 prese, realizzate con appositi raccordi per l'attacco dei sistemi di misura e monitoraggio delle SOV.

5.1.2.5. Condizioni operative del forno

Come riportato in Tab. 5.5, le prove quantitative coinvolgono, in successione, tutti gli additivi, ciascuno provato a diverse temperature (300 °C, 500°C in determinati casi, e 700°C o 900 °C, conforme si tratta di un glicole o di una resina, rispettivamente).

L'obiettivo inseguito, di ottenere indicazioni sull'influenza dell'additivo e della temperatura di trattamento termico sull'emissione di SOV, impone di assicurare, in tutte le prove realizzate, la costanza di ogni altro parametro, in grado anche solo potenzialmente di influenzare il risultato.

Come precisato in Tab. 5.7, si è operato in modo da mantenere costante in particolare la velocità di riscaldamento [°C/min]. Per questo parametro è stato fissato il valore di 30 °C/min: un valore congruente con la pratica industriale.

La costanza di questo parametro impone, ovviamente, di modificare la velocità di avanzamento [mm/min] delle piastrelle nel forno, al variare della temperatura massima di trattamento termico impostata (si osservi che, conseguentemente, dovrà variare la velocità lineare di riscaldamento in [°C/m]).

La procedura sperimentale prevede che le misure dell'emissione gassosa inizino solo dopo adeguata stabilizzazione del forno e dunque, conseguentemente, delle caratteristiche dell'emissione. La specifica delle prove per le diverse temperature di cottura è riportata in Tab. 5.7. Si noti che:

- il prelievo inizia solo dopo che il forno è completamente pieno del materiale oggetto di prova e anche le caratteristiche dell'emissione siano stabilizzate (attraverso esecuzione di analisi TOC – gascromatografia FID simultanea – 5.3.1.1);
- all'aumentare della temperatura massima di cottura, aumenta la durata complessiva del ciclo, mentre diminuisce il numero di piastrelle complessivamente trattate per ogni prova.

Tab. 5.7 – Piano e specifica delle prove in forno da laboratorio per i diversi additivi a varie temperature massime di trattamento termico

Forno	Lunghezza: 1235 mm ΔS (Tmax): 618 mm Velocità di riscaldamento: 30 °C/min												
Piastrella	Lunghezza: 100 mm Larghezza: 100 mm												
Prova	Inizio a forno pieno: 12 piastrelle Durata prelievo: 30 min												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">(1)</td> <td style="width: 65%;"> Tmax= 300 °C Δt (Tmax)= 300°C /30°C/min = 10 min V (treno piastrelle)= 618 mm/10 min = 61.8 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 61.8 mm/min X 30 min = 1852.5 mm N° piastrelle = 12 + 1853/100 = 31 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1853 + 1235)mm /61.8 mm/min= 50 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /61.8 mm/min = 20 min </td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(2)</td> <td> Tmax= 500 °C Δt (Tmax)= 500°C /30°C/min = 16.7 min V (treno piastrelle)= 618 mm/16.7 min = 37.1 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 37.1 mm/min X 30 min = 1112 mm N° piastrelle = 12 + 1112/100 = 23 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1112 + 1235)mm /37.1mm/min = 63 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /37.1 mm/min = 33 min </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(3)</td> <td> Tmax= 700 °C Δt (Tmax)= 700°C /30°C/min = 23.3 min V (treno piastrelle)= 618 mm /23.3 min = 26.5 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 26.5 mm/min X 30 min = 794 mm N° piastrelle = 12 + 794/100 = 20 piastrelle Durata complessiva ciclo= (794 + 1235)mm /26.5 mm/min= 77 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /26.5 mm/min = 47 min </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(3i)</td> <td> Tmax= 900 °C Δt (Tmax)= 900°C /30°C/min = 30 min V (treno piastrelle)= 618 mm /30 min = 20.6 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 20.6 mm/min X 30 min = 618 mm N° piastrelle = 12 + 618/100 = 19 piastrelle Durata complessiva ciclo= (618 + 1235)mm /20.6 mm/min = 90 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /20.6 mm/min= 60 min </td> <td></td> </tr> </table>		(1)	Tmax= 300 °C Δt (Tmax)= 300°C /30°C/min = 10 min V (treno piastrelle)= 618 mm/10 min = 61.8 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 61.8 mm/min X 30 min = 1852.5 mm N° piastrelle = 12 + 1853/100 = 31 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1853 + 1235)mm /61.8 mm/min= 50 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /61.8 mm/min = 20 min		(2)	Tmax= 500 °C Δt (Tmax)= 500°C /30°C/min = 16.7 min V (treno piastrelle)= 618 mm/16.7 min = 37.1 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 37.1 mm/min X 30 min = 1112 mm N° piastrelle = 12 + 1112/100 = 23 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1112 + 1235)mm /37.1mm/min = 63 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /37.1 mm/min = 33 min		(3)	Tmax= 700 °C Δt (Tmax)= 700°C /30°C/min = 23.3 min V (treno piastrelle)= 618 mm /23.3 min = 26.5 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 26.5 mm/min X 30 min = 794 mm N° piastrelle = 12 + 794/100 = 20 piastrelle Durata complessiva ciclo= (794 + 1235)mm /26.5 mm/min= 77 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /26.5 mm/min = 47 min		(3i)	Tmax= 900 °C Δt (Tmax)= 900°C /30°C/min = 30 min V (treno piastrelle)= 618 mm /30 min = 20.6 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 20.6 mm/min X 30 min = 618 mm N° piastrelle = 12 + 618/100 = 19 piastrelle Durata complessiva ciclo= (618 + 1235)mm /20.6 mm/min = 90 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /20.6 mm/min= 60 min	
(1)	Tmax= 300 °C Δt (Tmax)= 300°C /30°C/min = 10 min V (treno piastrelle)= 618 mm/10 min = 61.8 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 61.8 mm/min X 30 min = 1852.5 mm N° piastrelle = 12 + 1853/100 = 31 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1853 + 1235)mm /61.8 mm/min= 50 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /61.8 mm/min = 20 min												
(2)	Tmax= 500 °C Δt (Tmax)= 500°C /30°C/min = 16.7 min V (treno piastrelle)= 618 mm/16.7 min = 37.1 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 37.1 mm/min X 30 min = 1112 mm N° piastrelle = 12 + 1112/100 = 23 piastrelle Durata complessiva ciclo= (1112 + 1235)mm /37.1mm/min = 63 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /37.1 mm/min = 33 min												
(3)	Tmax= 700 °C Δt (Tmax)= 700°C /30°C/min = 23.3 min V (treno piastrelle)= 618 mm /23.3 min = 26.5 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 26.5 mm/min X 30 min = 794 mm N° piastrelle = 12 + 794/100 = 20 piastrelle Durata complessiva ciclo= (794 + 1235)mm /26.5 mm/min= 77 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /26.5 mm/min = 47 min												
(3i)	Tmax= 900 °C Δt (Tmax)= 900°C /30°C/min = 30 min V (treno piastrelle)= 618 mm /30 min = 20.6 mm/min L (treno piastrelle-prelievo)= 20.6 mm/min X 30 min = 618 mm N° piastrelle = 12 + 618/100 = 19 piastrelle Durata complessiva ciclo= (618 + 1235)mm /20.6 mm/min = 90 min Inizio prelievo dopo= 1235 mm /20.6 mm/min= 60 min												

Nota: il “N° piastrelle” corrisponde al quantitativo minimo previsto.

5.1.2.6. Conduzione delle prove

In ciascuna delle prove effettuate – per ogni coppia additivo/temperatura massima di trattamento – sono state effettuate le seguenti operazioni e le misure:

- Peso iniziale di ciascuna piastrella destinata alla prova (peso secco);
- Applicazione dell'additivo, secondo la prestabilita specifica riportata in Tab. 5.5, avendo preventivamente regolato la macchina di applicazione sui parametri adeguati (i risultati di questi controlli preliminari sono riportati, per ogni prova, nella prossima Sezione 6);
- Peso delle piastrelle all'ingresso nel forno (peso dopo applicazione);
- Esecuzione, nei tempi stabiliti, delle misure alle emissioni con i metodi di prelievo ed analisi specificati nel § 5.3.;
- Controlli delle condizioni di esecuzione del trattamento termico al forno da laboratorio modificato;
- Controlli, regolazioni e rilievo dati sulla centralina di aspirazione dell'emissione.
- Peso delle piastrelle in uscita dal forno (peso dopo cottura).

5.2. Prove su forno industriale

5.2.1. Pianificazione e conduzione delle prove

I forni industriali sui quali è stata effettuata la sperimentazione sono stati individuati e prescelti sulla base del criterio che il prodotto in lavorazione durante la campagna di misure fosse caratterizzato da presenza nota e documentata di additivi organici (con riferimento, per la quantificazione, non al prodotto organico nella forma e con le eventuali miscele di diversi principi attivi e con le eventuali diluizioni dei prodotti commerciali, ma ai singoli principi attivi). Un ulteriore e ovvio criterio era la disponibilità dell'azienda non solo ad ospitare la sperimentazione, ma anche a fornire le informazioni tecnologiche e produttive necessarie.

Abbiamo individuato due aziende, una produceva durante l'indagine grès porcellanato smaltato e l'altra monoporosa, qui indicate per motivi di riservatezza come Ceramica A e Ceramica B, rispettivamente.

I prodotti fabbricati durante le campagne di prova sono specificati nel § 4.3.

I punti-chiave del piano delle campagne industriali sono i seguenti:

(a) Di ciascuno dei due forni sono stati presi in considerazione due condotti di emissione:

a.1. il condotto di emissione del forno, subito a valle del forno stesso, ed *a monte* sia di eventuali miscele con le emissioni di altri forni, sia del depuratore;

a.2. il condotto di scarico in atmosfera, *a valle* del depuratore.

Motivi:

- il condotto a.1. è associato alle condizioni a monte, al prodotto in cottura ed alla sua composizione (a parità di ogni altra condizione);
- il condotto a.2 è associato alla qualità dell'emissione in atmosfera, dunque dell'emissione oggetto di regolamentazione e di controllo in accordo con la legge e le condizioni di autorizzazione.

Nei condotti a.1 e a.2 sono identificate – ed opportunamente equipaggiate di manicotto e supporti per le sonde di prelievo - idonee sezioni di prelievo.

(b) Per ciascun forno, sui due condotti, in definite e note condizioni produttive ed operative, sono state eseguite misure di concentrazione delle seguenti sostanze:

- Carbonio Organico Totale – TOC (con campionamento dinamico e statico, metodi descritti nel § 5.3.1);
- Aldeidi (metodi in § 5.3.2);
- Glicoli (metodi in § 5.3.3);
- Composti Organici Volatili – COV (metodi in § 5.3.4);
- Composti Organici Volatili in tracce – COV tracce (metodi in § 5.3.5);
- Ossido di Carbonio – CO (metodi in § 5.3.6).

(c) Per ciascun forno, sui due condotti, nel corso delle campagne di misura, sono state effettuate anche le seguenti ulteriori misure:

- temperatura, pressione e portata volumetrica (termometro digitale a termocoppia, tubo di Pitot e micromanometro differenziale)

5.3. Misure sulle emissioni: metodi di prelievo ed analisi

La caratterizzazione delle emissioni in atmosfera degli impianti produttivi industriali viene effettuata tramite campionamenti ed analisi finalizzate a determinare i composti, o le famiglie di composti, caratteristici delle specifiche lavorazioni.

La scelta dei metodi di campionamento ed analisi utilizzati in questa ricerca interessata delle sostanze organiche volatili si è basata sia sulle attuali conoscenze in campo di emissioni ceramiche, che ci ha permesso di individuare alcune categorie di composti di sicuro interesse (tra i quali le aldeidi, i glicoli ed i composti organici volatili in genere), sia sulla necessità di riuscire a rilevare esigue concentrazioni di alcuni di essi, in relazione alle loro soglie olfattive che spesso sono estremamente basse.

In generale le metodologie utilizzate fanno riferimento a metodi specifici per emissioni gassose emanati da enti riconosciuti quali UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNICHIM – Associazione per l’Unificazione nell’Industria Chimica, ISS – Istituto Superiore di Sanità, così come richiesto dalla normativa di settore.

Di questo gruppo di metodiche fanno parte:

- UNI EN 13526:2002 – Determinazione della concentrazione in massa del Carbonio Organico Totale in forma gassosa – Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).
- UNI EN 13649:2002 – Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa – Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente.

Nel caso di composti organici o di famiglie di composti organici presenti presumibilmente in basse concentrazioni o specifici di particolari lavorazioni, non sempre è possibile disporre di metodiche appositamente sviluppate per emissioni gassose. In tal caso è necessario rifarsi a metodi riconosciuti e sviluppati per aria presente in ambienti di vita o di lavoro, adattando le modalità di campionamento sulla base delle caratteristiche dell’emissione. Di questo gruppo di metodiche fanno parte:

- UNI EN ISO 16017-1:2002 – Campionamento ed analisi di Composti Organici Volatili in forma gassosa mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa.
- EPA – TO-11: Determinazione di Formaldeide ed altre aldeidi mediante campionamento su fiala chemiadsorbente (DNPH) ed analisi HPLC. EPA: *Environmental Protection Agency, USA*.
- NIOSH 5523: Determinazione di glicoli mediante campionamento su fiala adsorbente (XAD-7) ed analisi gascromatografica. NIOSH: *National Institute for Occupational Safety and Health, USA*.
- Determinazione CO mediante analizzatori automatici a celle elettrochimiche.

I metodi utilizzati per la caratterizzazione delle emissioni sono generalmente strutturati in una prima fase di campionamento, di durata opportuna (è funzione solitamente dell'intervallo di concentrazione dell'inquinante che si presuppone essere presente), in cui l'inquinante viene trasferito dall'emissione stessa (gas) ad un supporto che ne permetta il trasferimento in laboratorio per le successive analisi. Poiché il passaggio dell'inquinante dall'emissione al supporto segue precise cinetiche di reazione o di equilibrio tra fasi, la velocità con cui tale passaggio deve avvenire non può essere elevata: le velocità di aspirazione del gas, infatti, varia in genere da 50 ml/min fino a 0,5 l/min per i metodi utilizzati nella presente ricerca.

In tali condizioni, se si vuole captare una quantità di inquinante tale da poter essere rivelata in laboratorio, la fase di campionamento deve prolungarsi almeno per 30 minuti. Tale tempo minimo di campionamento rientra tra i requisiti alla base della progettazione delle varie prove sul forno da laboratorio ed sull'impianto produttivo industriale.

Le metodiche utilizzate sono state preliminarmente verificate in laboratorio su una serie di sostanze individuate come rappresentative della gamma di composti di potenziale interesse della presente ricerca. In particolare sono stati verificati:

- A) il limite di rilevabilità della tecnica analitica;
- B) l'efficacia del campionamento, intesa come capacità del sistema di prelievo di captare tutto l'analita di interesse, senza che questo venga trascinato dal flusso di gas attraverso il dispositivo di campionamento (il che comporterebbe una perdita di sostanza);
- C) la ripetibilità delle operazioni di campionamento ed analisi, espressa come deviazione standard percentuale, eseguita mediante prove ripetute con la stessa aria campione.

Le sostanze verificate sono elencate di seguito:

- Metodo EPA –TO-11: formaldeide e acetaldeide.
- Metodi UNI EN 13649:2002 e UNI EN ISO 16017-1:2002: toluene – cicloesano – etanolo - acetato di etile - 1,4 diossano - 2,2 dimetil 1,3 diossolano – 2 metil 1,3 diossolano – 1,3 diossolano – isopropanolo.
- Metodo NIOSH 5523: glicole etilenico e glicole dietilenico.
- Metodo UNI EN 13526:2002: metano e propano.
- Metodo CO (celle elettrochimiche): CO.

Le verifiche precedenti sono state eseguite predisponendo soluzioni campione (a concentrazione nota) dei composti elencati, disciolte in opportuno solvente. I gas campione, con i quali verificare le metodiche utilizzate, sono stati ottenuti vaporizzando quantità note di soluzioni campione in un gas inerte (azoto gascromatografico) e sottoponendo a campionamento ed analisi l'emissione artificiale così ottenuta.

Il procedimento di vaporizzazione e miscelazione dei gas è stato eseguito utilizzando un iniettore gascromatografico alla temperatura di 100°C (nel caso delle aldeidi, essendo formaldeide ed acetaldeide estremamente volatili, la vaporizzazione avviene già a temperatura ambiente).

Relativamente al metodo UNI EN 13526:2002 ed al metodo per la determinazione del CO, essendo procedure che non prevedono manipolazioni del campione, ma una lettura diretta sul gas, la verifica è effettuata direttamente con gas campione a concentrazione nota in bombola di metano e propano in aria e di CO in azoto.

Poiché il forno da laboratorio (§ 5.1.2.4) è configurato in modo da cuocere e riscaldare i prodotti da testare con l'ausilio di resistenze elettriche, quindi in assenza di processi di combustione di metano o altro combustibile, l'umidità dell'emissione risulta essere trascurabile. Inoltre la temperatura dei gas in arrivo ai dispositivi di campionamento, emessi dal forno di prova da laboratorio, è compatibile con i dispositivi stessi. I campionamenti effettuati sul forno da laboratorio sono stati perciò eseguiti utilizzando una linea di prelievo che non include un separatore di condensa e/o refrigerante. Nel caso di prelievi effettuati da forni industriali ceramici, poiché l'emissione contiene invece prodotti di combustione del metano ed elevata umidità, tra il punto di prelievo ed i dispositivi di campionamento è necessario porre un sistema di separazione e raccolta della condensa. Tale condensa deve poi essere analizzata a parte. I risultati presentati nello studio si riferiscono all'insieme delle determinazioni effettuate sui dispositivi di campionamento e sull'eventuale condensa raccolta.

Per effettuare contemporaneamente tutti i campionamenti di interesse, la linea di prelievo predisposta (Fig. 5.4) è costituita da una tubazione di *teflon* provvista delle necessarie diramazioni per i collegamenti con i dispositivi di campionamento.

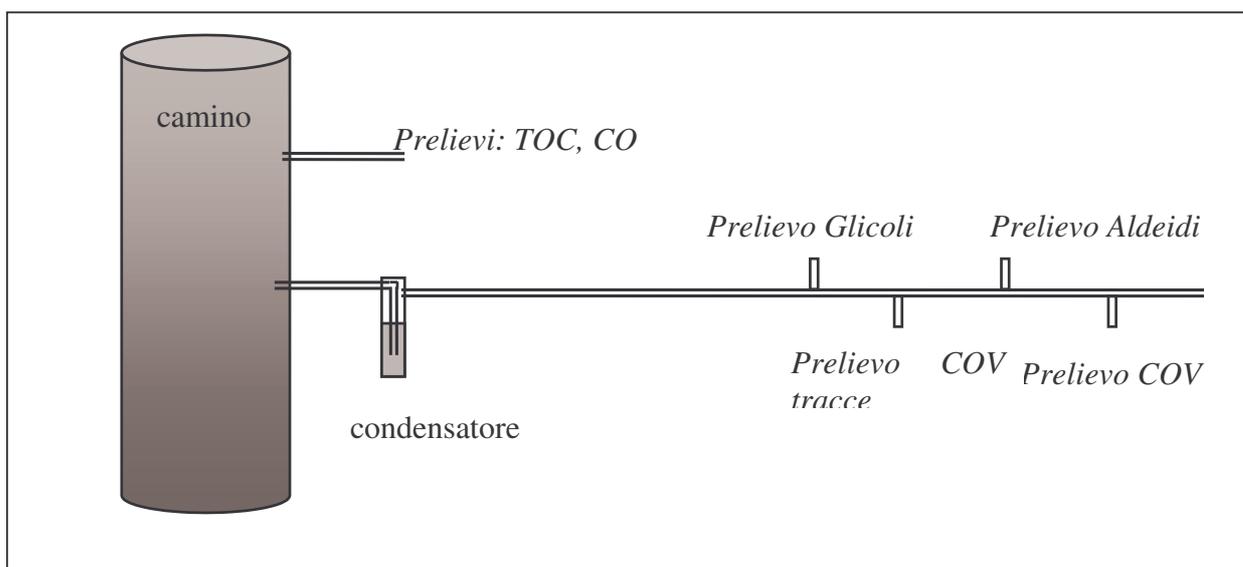


Fig. 5.4 – Schema della linea di prelievo – prove industriali.

In fase di sperimentazione, alcuni composti hanno mostrato una buona efficienza di campionamento con più di una tra le tecniche di prelievo ed analisi utilizzate: più in dettaglio, alcune sostanze presenti nella emissione sono state individuate sia con il metodo per i glicoli (NIOSH 5523) che con il metodo specifico per i composti organici volatili (UNI 13649). In questi casi la quantificazione è stata effettuata utilizzando il tracciato gascromatografico qualitativamente migliore.

Le analisi delle emissioni gassose effettuate in questa ricerca sono state realizzate in collaborazione con l'Agazia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna, ARPA - sezione provinciale di Modena.

Tra le varie attività dell'agenzia responsabile per la tutela ambientale regionale, ci sono i frequenti controlli sulle emissioni ai camini delle ceramiche del Comprensorio Ceramico di Sassuolo, perciò l'Arpa gode di una considerevole esperienza sulle misure ambientali e ha potuto fornire anche risultati con carattere ufficiale alla presente ricerca; questo aspetto può essere utile anche per la realizzazione di futuri confronti di dati.

Si deve anche rilevare che l'Arpa, come organo tecnico e di controllo, possiede in ambito regionale i seguenti compiti istituzionali:

- monitoraggio delle diverse componenti ambientali;
- controllo e vigilanza del territorio e delle attività antropiche;
- attività di supporto nella valutazione dell'impatto ambientale di piani e progetti;
- realizzazione e gestione del Sistema informativo regionale sull'ambiente.

5.3.1. Carbonio Organico Totale

5.3.1.1. Metodo campionamento dinamico

UNI EN 13526:2002 – Determinazione della concentrazione in massa del Carbonio Organico Totale in forma gassosa – Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (Appendice A).

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione del carbonio organico totale in forma gassosa prevede il campionamento del gas mediante linea di prelievo riscaldata ed il suo convogliamento direttamente ad uno strumento di analisi - gascromatografo – dotato da un rivelatore a ionizzazione di fiamma FID (*Flame Ionization Detector*).

La combustione dei composti organici che avviene nel rivelatore FID genera un segnale elettrico la cui intensità dipende dal contenuto di composti volatili dell'emissione. La tecnica non permette di distinguere quali tipologie di composti sono presenti nell'emissione, ma il risultato è immediato ed è indicativo del carico complessivo di composti organici volatili presenti. La quantificazione avviene prendendo come riferimento la risposta del propano sul medesimo strumento.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento dell'emissione sono necessari:

- Linea di prelievo in *teflon* riscaldata ad una temperatura >120°C (in dotazione allo strumento).

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Strumento specifico per analisi di Carbonio Organico Volatile, alla presente ricerca è stato adoperato un gascromatografo *NIRA HT-THA NM 801-P* (Centro Ceramico Bologna) dotato di sistema di aspirazione gas, rivelatore FID, sistema di memorizzazione ed elaborazione dati.
- Gas a concentrazione certificata di propano (C₃H₈) in aria.
- Gas idrogeno e aria, a purezza gascromatografica, necessari all'accensione del rivelatore FID.

Procedimento

In fase di accensione devono essere collegati tutti i gas necessari al funzionamento (aria e idrogeno). Lo strumento deve essere acceso almeno 30 minuti prima della esecuzione delle analisi, per dare tempo alle parti calde di raggiungere le temperature ottimali e per stabilizzare il rivelatore

FID. Si verifica che introducendo aria pulita (aria gascromatografica) il rivelatore non dia alcun segnale apprezzabile; si verifica lo stato di calibrazione dello strumento eseguendo almeno una lettura di gas a concentrazione certificata di propano.

Il gas da campionare viene aspirato attraverso la linea di prelievo riscaldata (dopo che questa ha raggiunto la temperatura impostata) e viene convogliato direttamente al rivelatore FID. Una volta eseguita la verifica di calibrazione iniziale, lo strumento viene impostato in modo da leggere direttamente la concentrazione dell'emissione espressa in mg/Nm^3 di carbonio.

Si avvia l'aspirazione dalla linea di prelievo e si inizia la determinazione del carbonio organico volatile. La misura viene eseguita ancora con il forno vuoto, proseguendo per il caricamento del forno fino al completo riempimento dello stesso e posteriormente per tutta la durata della prova propriamente dita (solitamente 30 minuti). La durata coincide con il tempo in cui vengono effettuati i campionamenti per la determinazione delle altre sostanze emesse nella fase di cottura dei prodotti.

Vengono annotate le rilevazioni ogni 20 secondi e se ne fa una media complessiva che costituirà il risultato finale della determinazione.

La concentrazione complessiva dei composti organici volatili viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando l'intensità del segnale elettrico del FID in rapporto al segnale generato da aria a concentrazione nota di propano.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle condizioni normali (c.n.) di 273 K di temperatura e 1013 mbar di pressione atmosferica.

Verifica del metodo

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Prendendo a riferimento le caratteristiche costruttive dello strumento, il limite di rilevabilità è $1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ di C.

Efficacia del campionamento:

Non essendovi fasi di campionamento, ma una lettura diretta, si assume una efficienza di campionamento pari a 100 %.

Ripetibilità del campionamento e della analisi.

La ripetibilità di analisi effettuate su bombole certificate di propano a 50 ppm è risultata inferiore al 2 %.

^a La retta di calibrazione ad 1 punto si usa quando lo standard di riferimento ha concentrazione simile a quella nei campioni da analizzare: in questi casi è un'approssimazione accettabile poiché il risultato è analogo a quello che si otterrebbe facendo una retta a più punti.

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente inferiore al 5 % del valore misurato.

Maggiori dettagli sul metodo potranno essere ritrovati nella procedura originale UNI EN 13526:2002 allegata (Appendice A).

5.3.1.2. Metodo campionamento statico

UNI EN 13526:2002 (modificato - Arpa) – Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale in forma gassosa – Prelievo della emissione in sacche inerti per gas ed analisi con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

Principio del metodo

Il metodo adottato da ARPA per la determinazione del carbonio organico totale in forma gassosa è una modifica del metodo precedente. Esso mantiene inalterata la tecnica analitica di indagine ma separa la fase di campionamento da quella di analisi, che avviene in laboratorio senza necessità di avere a disposizione sul posto bombole di idrogeno e di aria.

Il campionamento del gas avviene mediante linea di prelievo in teflon e convogliamento del gas in sacche, a tenuta pneumatica, di materiale inerte. La sacca viene analizzata il giorno stesso del prelievo in laboratorio, previo riscaldamento a 50°C, convogliandone il contenuto direttamente ad uno strumento di analisi costituito da un rivelatore FID.

I principi analitici del metodo a rivelatore di ionizzazione di fiamma sono gli stessi già menzionati nel 5.3.1.1.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento dell'emissione sono necessari:

- Linea di prelievo in teflon;
- Valigia a tenuta per l'alloggiamento delle sacche di materiale inerte; Sacche di materiale inerte tipo *Tedlar® - Du Pont* (PVF - polivinilfluoruro) o *Nalophan® NA - Kalle Nalo GmbH* (copolimeri dell'estere politereftalico);
- Pompa campionatrice personale Zambelli S.r.l. modello EGO-TT utilizzata nel campo 1 – 2 l/min.

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Strumento specifico per analisi di Carbonio Organico Volatile (*Philips Byron mod.301*) dotato di sistema di aspirazione gas, rivelatore FID, sistema di separazione del metano, memorizzazione ed elaborazione dati;
- Gas a concentrazione certificata di metano (CH₄) e propano (C₃H₈) in Aria;
- Gas idrogeno e aria a purezza gascromatografica, necessari all'accensione del rivelatore FID.

Procedimento

La fase di prelievo avviene introducendo la sacca pulita e vuota di materiale inerte nella valigia di campionamento. La valigia di campionamento è dotata di 2 ingressi: uno che internamente è collegato alla sacca ed esternamente al camino (in tal modo il gas del camino entra direttamente nella sacca), l'altro viene collegato ad una pompa campionatrice personale regolata ad un flusso di 1,5 l/min circa.

L'aspirazione dell'aria all'interno della valigia crea una depressione che richiama aria dal camino e che si convoglia direttamente nella sacca. La portata di aspirazione con cui si crea la depressione nella valigia è tale da permettere il riempimento della sacca nel periodo di durata di ciascuna prova (30 minuti circa). L'aria che riempie la sacca costituirà un campione medio del gas emesso durante tutta la prova.

Per limitare il più possibile fenomeni di condensa o degradazione dei gas, la sacca è inviata al laboratorio in giornata ed analizzata con gascromatografo dotato di rivelatore FID.

Si verifica che introducendo aria pulita (aria gascromatografica) il rivelatore non dia alcun segnale apprezzabile; si verifica lo stato di calibrazione dello strumento eseguendo almeno una lettura di gas a concentrazione certificata di metano e propano.

Il gas da campionare viene aspirato attraverso una linea di prelievo in teflon dedicata (in dotazione allo strumento) e viene convogliato ad una colonna gascromatografica che separa metano (prelievo ai camini industriali – forni a gas naturale) dal resto dei composti: alternativamente metano e composti restanti vengono inviati direttamente al rivelatore FID. La misura viene eseguita più volte sullo stesso gas. Vengono annotate le rilevazioni ogni 2 minuti e se ne fa una media complessiva che costituirà il risultato finale della determinazione.

La concentrazione complessiva dei composti organici volatili viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando l'intensità del segnale elettrico del FID in rapporto al segnale generato da aria a concentrazione nota di propano e

^a Vedi nota "a" (pag. 84).

metano. La quantificazione avviene separatamente per le 2 categorie di composti.

Espressione del risultato

Dal risultato dell'analisi, espresso in ppm di metano CH₄ (per il metano) o di propano C₃H₈ (per i restanti composti), si risale alla concentrazione in mg/Nm³ di carbonio, attraverso la seguente relazione:

per il metano:
$$\text{Conc. (mg C / Nm}^3) = \frac{\text{Conc. metano (ppm)} \times 12}{22,414}$$

per i restanti composti volatili:
$$\text{Conc. (mg C / Nm}^3) = \frac{\text{Conc. propano (ppm)} \times 36}{22,414}$$

dove:

Conc. (mg C/Nm³) = Concentrazione di carbonio volatile nell'emissione gassosa (metano o restanti composti);

Conc. metano (ppm) = Concentrazione di metano, espressa in ppm, nella emissione gassosa;

Conc. propano (ppm) = Concentrazione dei composti volatili non metanici (ad esclusione del metano), espressa come ppm di propano, nell'emissione gassosa.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle c.n. (273 K, 1013 mbar).

Verifica del metodo

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Prendendo a riferimento le caratteristiche costruttive dello strumento, il limite di rilevabilità è 1 mg/Nm³ di C (sia per metano che per propano), pari a circa 2 ppm di C.

Efficacia del campionamento:

Non valutabile in generale (vedi il paragrafo "Note"). In assenza di fenomeni di condensa all'interno delle sacche, si assume una efficienza di campionamento pari a 100%.

Ripetibilità del campionamento e della analisi.

La ripetibilità di analisi effettuate su bombole certificate di C a circa 100 ppm è risultata inferiore al 2 %

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente inferiore al 5 % del valore misurato, in assenza di fenomeni di condensa.

Note:

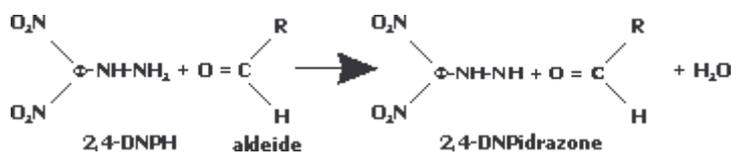
La principale differenza tra l'applicazione della stessa metodica UNI 13526:2002 eseguendo il campionamento dinamico o invece lo statico, risiede nel fatto che quest'ultimo separa il campionamento dalla analisi per motivi di maggior sicurezza delle operazioni di prelievo (assenza di bombole di idrogeno). Se da un lato ciò facilita la fase di prelievo, dall'altro introduce un termine di incertezza dovuto all'impossibilità di prevedere eventuali effetti di condensazione all'interno delle sacche. Lo strumento di laboratorio, aspirando il solo gas, non rileva la quota di composti volatili che sono condensati all'interno delle sacche. A ciò si pone rimedio riscaldando a 50 °C la sacca prima di effettuare le analisi. In generale è lecito attendersi, relativamente agli stessi campioni, risultati simili per gas contenenti composti bassobollenti e risultati sottostimati da parte dell'analisi con campionamento statico per gas con componenti medio-alto bollenti.

5.3.2. Aldeidi

Metodo EPA –TO-11: Determinazione di formaldeide ed altre aldeidi mediante campionamento su fiala chemiadsorbente (DNPH) ed analisi HPLC (Appendice B).

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione delle aldeidi prevede il campionamento del gas su fiala contenente gel di silice impregnato con 2,4-DNPH (2,4-dinitrofenilidrazina), reattivo specifico per gruppi carbonilici. La reazione tra aldeidi (composti volatili) e DNPH porta alla formazione di composti stabili (2,4-dinitrofenilidrazoni), non volatili, che si fissano sul substrato di gel di silice e che vengono determinati in laboratorio.



I 2,4-dinitrofenilidrazoni sono estratti con acetonitrile e sono analizzati mediante cromatografia liquida HPLC in fase inversa (fase stazionaria apolare, fase mobile polare) con rivelatore UV.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento dell'emissione sono necessari:

- Fiale adsorbenti di gel di silice impregnato con DNPH. Sono state utilizzate fiale ad un solo strato adsorbente da 1 g di materiale attivo per le prove qualitative (*Supelco H30*) e fiale a 2 strati di materiale adsorbente (*Aquaria 800 mg + 200 mg*) per le prove quantitative, in modo da verificare la eventuale saturazione del dispositivo di campionamento.
- Pompa campionatrice personale Zambelli modello EGO-TT con flussimetro di controllo nel campo 0,1 - 1,2 l/min.
- Tubi di teflon per collegamenti tra emissione - fiala - campionatore.

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Vetreria da laboratorio: cilindri graduati, matracci e pipette tarate, vials in vetro da 20 ml con tappo.
- Acetonitrile RS (rancemo^a) per HPLC.
- Acqua deionizzata per HPLC.
- Filtri in teflon da 0,45 µm per soluzioni organiche.

^aRancemo: miscela 1:1 dei due opposti enantiomeri (*R-rectus center*; *S-sinister center*) di un composto chirale, nel caso l'acetonitrile (C₂H₃N).

- Cromatografo Liquido *HPLC HP 1090* con detector UV-VIS.
- Colonna *LC-18* da 25 mm di lunghezza, 4,6 mm spessore, 5 µm fase stazionaria.
- Iniettore da 20 µl.
- Lunghezza d'onda di rilevazione 360 nm.
- Flusso di eluente pari a 1 ml/min.
- Condizioni operative HPLC: miscela H₂O/Acetonitrile 40/60 fino a 7 minuti, per arrivare a 100% acetonitrile dopo 20 minuti.

Procedimento

Il gas da campionare viene aspirato attraverso la fiala adsorbente ad una velocità di 0,5 l/min avendo cura, nel caso di fiale a doppio strato, di orientare la fiala stessa in modo che il flusso investa prima lo strato principale da 800 mg.

Nel caso di emissioni troppo calde o umide, per evitare fenomeni di deattivazione o degradazione del materiale di campionamento, è necessario interporre, tra la emissione e la fiala, un sistema di refrigerazione e/o raccolta della condensa, che sarà da analizzare a parte ed il cui contributo andrà a sommarsi a quello della fiala stessa.

Al termine del prelievo la fiala viene sigillata alle estremità, viene collocata in una provetta di vetro con tappo a tenuta e viene consegnata al laboratorio insieme con l'eventuale condensa raccolta. In laboratorio, il contenuto della fiala viene trasferito in una vial di vetro da 20 ml, e viene estratto con 10 ml di acetonitrile in bagno a ultrasuoni per 30 minuti.

Per le fiale a 2 strati, lo strato principale e lo strato secondario vengono estratti ed analizzati separatamente. Il secondo strato deve contenere meno del 10% di ciascun composto rispetto allo strato principale (ciò indica una buona efficienza di campionamento ed una situazione di non saturazione della fiala).

L'estratto ottenuto viene filtrato e trasferito in vials per essere poi iniettato in HPLC. La eventuale condensa viene trasferita dal condensatore in un contenitore graduato e viene diluita fino ad un volume di 10 ml con acetonitrile, utilizzando anche i lavaggi del condensatore; nello stesso contenitore viene introdotto il materiale adsorbente contenuto in una fiala vergine. In tali condizioni, le eventuali aldeidi presenti nella condensa reagiranno con DNPH. Si pone il contenitore in bagno a ultrasuoni per 30 minuti; l'estratto ottenuto viene filtrato e trasferito in vials per essere poi iniettato in HPLC.

Il riconoscimento dei singoli composti avviene sulla base dei tempi di ritenzione delle aldeidi-DNPH di interesse.

La concentrazione dei singoli composti viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando l'intensità delle aree dei segnali.

Espressione del risultato

Dal risultato dell'analisi di laboratorio, si risale alla concentrazione dei singoli composti nell'emissione, attraverso la seguente relazione:

$$\text{Conc. (mg / Nm}^3\text{)} = \frac{\text{Conc. (mg / l)} \times \text{Vs (ml)}}{\text{Vg (litri)}} \times \frac{(273 + Tc)}{273}$$

dove:

Conc. (mg/Nm³) = concentrazione nell'emissione gassosa di uno specifico composto.

Conc. (mg/l) = concentrazione nella soluzione di estrazione di uno specifico composto.

Vs (ml) = volume di soluzione estraente.

Vg (litri) = volume di gas campionato alla temperatura Tc rilevata alla pompa campionatrice.

Tc (°C) = temperatura del gas in ingresso alla pompa campionatrice.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle condizioni normali (c.n). Nella espressione precedente viene considerata trascurabile la variazione introdotta dalla pressione atmosferica effettiva (sempre nel campo 1000 - 1020 mbar) rispetto al valore di normalizzazione 1013 mbar.

Il calcolo della concentrazione dei singoli composti va eseguito sia per l'estratto derivante dalla fiala di campionamento sia per quello ottenuto dalla eventuale condensa. La concentrazione complessiva in mg/Nm³, per ciascun composto, sarà data dalla somma dei 2 contributi.

Verifica del metodo

La verifica di questo metodo è stata oggetto di un lavoro di tesi di laurea in chimica⁽⁵⁷⁾ di cui si riportano i risultati principali in seguito.

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Formaldeide: 0,25 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 10 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a circa 0,15 mg/m³ (milligrammi/metro cubo di aria).

^a Vedi nota "a" (pag. 84).

Acetaldeide: 0,06 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 10 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni inferiori a 0,05 mg/m³.

In generale si può assumere 0,1 mg/Nm³ di aldeide come limite di rilevabilità del metodo, nelle condizioni sperimentali.

Efficacia del campionamento:

L'efficienza di campionamento, valutata per concentrazioni in aria dell'ordine di 4 mg/m³, per entrambi i composti è risultata superiore al 95%.

Ripetibilità del campionamento e della analisi.

L'esecuzione ripetuta di campionamento ed analisi di aria a concentrazione di circa 4 mg/m³ per ciascun composto, ha fornito un valore di scarto tipo percentuale inferiore al 10% per entrambi i composti.

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente di circa il 25%.

Maggiori dettagli sul metodo potranno essere ritrovati nella procedura originale EPA-TO11 (Appendice B).

5.3.3. Glicoli

Metodo NIOSH 5523: Determinazione di Glicoli in effluenti gassosi mediante adsorbimento su resina XAD-7 e determinazione gascromatografica (Appendice C).

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione dei glicoli prevede il campionamento del gas su fiale a 2 strati contenenti resina *Amberlite®* XAD-7, fase adsorbente idonea e specificatamente utilizzata per il campionamento di composti organici polari da effluenti gassosi.

A differenza delle aldeidi (per le quali il campionamento prevede una reazione chimica con DNPH, con formazione di composti diversi e meno volatili dalle aldeidi stesse), il campionamento avviene sfruttando il fenomeno dell'adsorbimento e dell'interazione reversibile tra i glicoli e la superficie della resina XAD-7. La fase adsorbente trattiene i glicoli che vengono determinati in laboratorio con tecniche di cromatografia gassosa, dopo averli estratti dalla resina XAD-7 con opportuno solvente.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento della emissione sono necessari:

- Fiale adsorbenti contenenti resina XAD-7. Sono state utilizzate fiale con setto filtrante in fibra di vetro a 2 strati di materiale adsorbente (*SKC Inc.* 200 mg + 100 mg), in modo da verificare la eventuale saturazione del dispositivo di campionamento.
- Pompa campionatrice personale Zambelli modello EGO-TT con flussimetro di controllo nel campo 0,1 - 1,2 l/min.
- Tubi di teflon per collegamenti tra emissione – fiala - campionatore.

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Vetreria da laboratorio: cilindri graduati, matracci e pipette tarate, vials in vetro da 5 ml con tappo.
- Metanolo RS per HPLC.
- *GasCromatografo Varian 3800* collegato a *Spettrometro di Massa Varian Saturn2000* con autocampionatore *8200CX*.
- Colonna *SPB-5 MS* da 60 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm film interno.
- Acquisizione Full Scan da 40 a 350 u.m.a. – 1 scansione/secondo
- Ionizzazione positiva ad impatto elettronico EI.
- Iniezione split di 2 µl tramite autocampionatore.
- Iniettore 230°C – rapporto di splittaggio 1/15.
- Pressione in testa alla colonna 14 psi (96,53 kPa).

- Programmata forno GC: 40°C per 5 minuti, poi 8°C/min fino a 130°C, temperatura di 130°C per 1 minuto, poi 13°C/min fino a 280°C, temperatura di 280°C per 11 minuti (tempo di analisi complessivo di circa 40 minuti).

Procedimento

Il gas da campionare viene aspirato attraverso la fiala adsorbente ad una velocità di 0,5 l/min avendo cura di orientare la fiala stessa in modo che il flusso investa prima lo strato principale da 200 mg.

Come precedentemente descritto, nel caso di emissioni troppo calde o umide, per evitare fenomeni di deattivazione o degradazione del materiale di campionamento, è necessario interporre, tra la emissione e la fiala, un sistema di refrigerazione e/o raccolta della condensa, che sarà da analizzare a parte ed il cui contributo andrà a sommarsi a quello della fiala stessa.

Al termine del prelievo la fiala viene sigillata alle estremità, viene collocata in una provetta di vetro con tappo a tenuta e viene consegnata al laboratorio insieme con la eventuale condensa raccolta. In laboratorio, il contenuto della fiala viene trasferito in una vial di vetro da 5 ml, e viene estratto con 3 ml di metanolo in bagno a ultrasuoni per 30 minuti.

Per le fiale a 2 strati, lo strato principale e lo strato secondario vengono estratti ed analizzati separatamente. Il secondo strato deve contenere meno del 10% di ciascun composto rispetto allo strato principale (ciò indica una buona efficienza di campionamento ed una situazione di non saturazione della fiala). Una aliquota dell'estratto ottenuto viene trasferita in vial per essere poi iniettato in GC-MS (gascromatografo-spettrometro di massa).

La eventuale condensa viene trasferita in un contenitore graduato e viene diluita fino ad un volume noto con metanolo (solitamente 5 ml), utilizzando anche i lavaggi del condensatore stesso. Una aliquota della soluzione ottenuta viene trasferita in vial per essere poi iniettata in GC-MS.

Il riconoscimento dei singoli composti avviene sulla base dei tempi di ritenzione dei glicoli di interesse e sul loro spettro di massa.

La concentrazione dei singoli composti viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando l'intensità delle aree dei segnali.

In funzione della complessità del tracciato gascromatografico, la quantificazione può avvenire sia considerando le intensità complessive di tutti gli ioni costituenti lo spettro di massa (TIC – *Total Ion Current*) o, in alternativa, considerando l'intensità delle sole massa caratteristiche dei singoli composti (SIM – *Selected Ion Monitoring*)^b.

^a Vedi nota "a" pag. 84.

^b TIC: il V (potenziale di accelerazione) viene fatto variare in un intervallo di valori tale da coprire il corrispondente intervallo di massa m . Per misure ad alta sensibilità atte a rilevare la presenza di uno ione ben preciso è anche possibile fissare il valore di V sul valore corrispondente alla massa desiderata (monitoraggio del singolo ione, SIM).

I composti che la spettrometria di massa riconosce essere con buona probabilità derivati dei glicoli (che si generano per effetto di decomposizioni, volatilizzazioni, condensazioni o altre reazioni chimiche dovute alle alte temperature del forno di prova) vengono identificati con la dicitura generica “derivati del glicole” e vengono quantificati prendendo come riferimento il *glicole dietilenico*.

Espressione del risultato

Dal risultato della analisi di laboratorio, si risale alla concentrazione dei singoli composti nella emissione, attraverso la seguente relazione:

$$\text{Conc. (mg / Nm}^3\text{)} = \frac{\text{Conc. (mg / l)} \times \text{Vs (ml)}}{\text{Vg (litri)}} \times \frac{(273 + T_c)}{273}$$

dove:

Conc. (mg/Nm³) = concentrazione nell’emissione gassosa di uno specifico composto.

Conc. (mg/l) = concentrazione nella soluzione di estrazione di uno specifico composto.

Vs (ml) = volume di soluzione estraente.

Vg (litri) = volume di gas campionato alla temperatura Tc rilevata alla pompa campionatrice.

Tc (°C) = temperatura del gas in ingresso alla pompa campionatrice.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle c.n. (273 K, 1013 mbar). Nell’espressione precedente viene considerata trascurabile la variazione introdotta dalla pressione atmosferica effettiva (sempre nel campo 1000-1020 mbar) rispetto al valore di normalizzazione 1013 mbar.

Il calcolo della concentrazione dei singoli composti va eseguito sia per l’estratto derivante dalla fiala di campionamento sia per quello ottenuto dalla eventuale condensa. La concentrazione complessiva in mg/Nm³, per ciascun composto, sarà data dalla somma dei 2 contributi.

Verifica del metodo

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Glicole etilenico: 20 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 3 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni di circa 4 mg/m³ (milligrammi/metro cubo di aria).

Glicole dietilenico: 5 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 3 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni di circa 1 mg/m³.

In generale si può assumere 1 - 4 mg/Nm³ come limite di rilevabilità del metodo, anche per altri glicoli, nelle condizioni sperimentali descritte.

Efficacia del campionamento:

L'efficienza di campionamento, valutata per concentrazioni in aria dell'ordine di 150 mg/m³, per entrambi i composti è risultata superiore al 95%.

Ripetibilità del campionamento e dell'analisi.

L'esecuzione ripetuta di campionamento ed analisi di aria a concentrazione di circa 15 mg/m³ per etilenglicole e 30 mg/m³ per dietilenglicole, ha fornito i valori di scarto tipo percentuale riportati nella tabella sottostante:

Tab. 5.8 - ripetibilità segnali cromatografici per etilenglicole e dietilenglicole.

	Area segnali gascromatografici					
etilenglicole	53	58	64	55	59	63
dietilenglicole	966	942	1047	972	1035	935
	valore medio	dev.std	dev.std.			
			%			
etilenglicole	59	4	7			
dietilenglicole	983	47	5			

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente pari al 20 % - 25 %.

Maggiori dettagli sul metodo potranno essere ritrovati nella procedura originale NIOSH 5523 allegata (Appendice C).

5.3.4. *Composti Organici Volatili*

UNI EN 13649:2002 – Determinazione della concentrazione in massa di singoli composti organici in forma gassosa – Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente (Appendice D).

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione dei composti organici volatili prevede il campionamento del gas su fiale a 2 strati contenenti carbone attivo, fase adsorbente idonea e specificatamente utilizzata per il campionamento di composti organici in generale da effluenti gassosi. A differenza delle aldeidi (per le quali il campionamento prevede una reazione chimica con DNPH, con formazione di composti diversi e meno volatili dalle aldeidi stesse), il campionamento avviene sfruttando il fenomeno dell'adsorbimento e dell'interazione reversibile tra i composti organici e la superficie del carbone attivo.

La fase adsorbente trattiene i composti che vengono determinati in laboratorio con tecniche di cromatografia gassosa, dopo averli estratti dal carbone con opportuno solvente.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento dell'emissione sono necessari:

- Fiale adsorbenti contenenti carbone attivo. Sono state utilizzate fiale a 2 strati di materiale adsorbente (*SKC Inc.* 400 mg + 200 mg), in modo da verificare la eventuale saturazione del dispositivo di campionamento.
- Pompa Campionatrice personale Zambelli S.r.l. modello EGO-TT con flussimetro di controllo nel campo 0,1-1,2 l/min.
- Tubi di teflon per collegamenti tra emissione - fiala - campionatore.

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Vetreria da laboratorio: cilindri graduati, matracci e pipette tarate, vials in vetro da 5 ml con tappo.
- Solfuro di carbonio RS a basso contenuto di benzene.
- Metanolo RS per HPLC.
- *GasCromatografo Varian 3800* collegato a *Spettrometro di Massa Varian Saturn2000* con autocampionatore *8200CX*.
- Colonna SPB-5 MS da 60 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm film interno.
- Acquisizione Full Scan da 40 a 350 u.m.a. – 1 scansione/s.
- Ionizzazione positiva ad impatto elettronico EI.
- Iniezione split di 2 µl tramite autocampionatore.
- Iniettore 230°C – Rapporto di splittaggio 1/15.

- Pressione in testa alla colonna 14 psi (96,53 kPa).
- Programmata forno GC: 40°C per 5 minuti, poi 8°C/min fino a 130°C, temperatura di 130°C per 1 minuto, poi 13°C/min fino a 280°C, temperatura di 280°C per 11 minuti (tempo di analisi complessivo di circa 40 minuti).

Procedimento

Il gas da campionare viene aspirato attraverso la fiala adsorbente ad una velocità di 0,5 l/min avendo cura di orientare la fiala stessa in modo che il flusso investa prima lo strato principale da 400 mg. Nel caso di emissioni troppo calde o umide, per evitare fenomeni di deattivazione o degradazione del materiale di campionamento, è necessario interporre, tra la emissione e la fiala, un sistema di refrigerazione e/o raccolta della condensa, che sarà da analizzare a parte ed il cui contributo andrà a sommarsi a quello della fiala stessa.

Al termine del prelievo la fiala viene sigillata alle estremità, viene collocata in una provetta di vetro con tappo a tenuta e viene portata al laboratorio insieme con l'eventuale condensa raccolta.

In laboratorio, il contenuto della fiala viene trasferito in una vial di vetro da 5 ml, e viene estratto con 3 ml di solfuro di carbonio in bagno a ultrasuoni per 30 minuti. Per le fiale a 2 strati, lo strato principale e lo strato secondario vengono estratti ed analizzati separatamente. Il secondo strato deve contenere meno del 10% di ciascun composto rispetto allo strato principale (ciò indica una buona efficienza di campionamento ed una situazione di non saturazione della fiala). Una aliquota dell'estratto ottenuto viene trasferita in vials per essere poi iniettato in gascromatografo-spettrometro di massa (GC-MS).

La eventuale condensa viene trasferita in un contenitore graduato e viene diluita fino ad un volume noto con metanolo (solitamente 5 ml), utilizzando anche i lavaggi del condensatore stesso. Una aliquota della soluzione ottenuta viene trasferita in vial per essere poi iniettata in GC-MS.

Il riconoscimento dei singoli composti avviene sulla base dei tempi di ritenzione dei composti organici di interesse e sul loro spettro di massa.

La concentrazione dei singoli composti viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando l'intensità delle aree dei segnali. In funzione della complessità del tracciato gascromatografico, la quantificazione può avvenire sia considerando le intensità complessive di tutti gli ioni costituenti lo spettro di massa (TIC) o, in alternativa, considerando l'intensità delle sole massa caratteristiche dei singoli composti (SIM), conforme descritto precedentemente al 5.3.3 - *Procedimento*.

^a Vedi nota "a", pag. 84.

Le sostanze che la spettrometria di massa riconosce essere, con buona probabilità, appartenenti a determinate famiglie di composti (che si generano per effetto di decomposizioni, volatilizzazioni, condensazioni o altre reazioni chimiche dovute alle alte temperature del forno di prova) vengono identificati con diciture generiche del tipo “idrocarburi”, “idrocarburi ossigenati”, “idrocarburi aromatici”, ecc. e vengono quantificati prendendo come riferimento uno specifico componente della famiglia di composti.

Espressione del risultato

Dal risultato dell'analisi di laboratorio, si risale alla concentrazione dei singoli composti nella emissione, attraverso la seguente relazione:

$$\text{Conc. (mg / Nm}^3) = \frac{\text{Conc. (mg / l)} \times \text{Vs (ml)}}{\text{Vg (litri)}} \times \frac{(273 + Tc)}{273}$$

dove:

Conc. (mg/Nm³) = concentrazione nella emissione gassosa di uno specifico composto.

Conc. (mg/l) = concentrazione nella soluzione di estrazione di uno specifico composto.

Vs (ml) = volume di soluzione estraente.

Vg (litri) = volume di gas campionato alla temperatura Tc rilevata alla pompa campionatrice.

Tc (°C) = temperatura del gas in ingresso alla pompa campionatrice.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle c.n. (273 K, 1013 mbar). Nell'espressione precedente viene considerata trascurabile la variazione introdotta dalla pressione atmosferica effettiva (sempre nel campo 1000-1020 mbar) rispetto al valore di normalizzazione 1013 mbar.

Il calcolo della concentrazione dei singoli composti va eseguito sia per l'estratto derivante dalla fiala di campionamento sia per quello ottenuto dall'eventuale condensa. La concentrazione complessiva in mg/Nm³, per ciascun composto, sarà data dalla somma dei 2 contributi.

Verifica del metodo

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Etanolo: 25 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 3 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni di circa 5 mg/m³ (milligrammi/metro cubo di aria).

Isopropanolo: 10 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 3 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni di circa 2 mg/m³.

1,3 Diossolano, Acetato di Etile, 2 Metil 1,3 Diossolano, 2,2 Dimetil 1,3 Diossolano, Cicloesano, 1,4 Diossano, Toluene: da 1,5 mg/l a 3,5 mg/l in soluzione che, per volumi di estrazione pari di 3 ml e volumi di campionamento di 15 litri di gas, corrispondono a concentrazioni di circa 0,3 mg/m³ - 0,7 mg/m³.

In generale si può assumere 0,5 mg/Nm³ come limite di rilevabilità del metodo, per altri composti organici volatili (diversi da etanolo), nelle condizioni sperimentali descritte.

Efficacia del campionamento:

L'efficienza di campionamento, valutata per concentrazioni in aria dell'ordine di 20 mg/m³ – 50 mg/m³, per tutti i composti è risultata superiore al 95 %, ad eccezione dell'alcool isopropilico il cui valore risulta leggermente inferiore, ma comunque superiore all'85 %.

Ripetibilità del campionamento e dell'analisi.

L'esecuzione ripetuta di campionamento ed analisi di aria a concentrazione dei diversi componenti compresa tra 20 mg/m³ – 50 mg/m³, ha fornito i valori di scarto tipo percentuale riportati nella tabella sottostante:

Tab. 5.9 - ripetibilità segnali cromatografici.

	Aree segnali gascromatografici					
	90	77	77	75	72	83
etanolo	90	77	77	75	72	83
isopropanolo	321	286	283	239	249	318
1,3 diossolano + acetato di etile	494	432	438	398	480	452
2 metil 1,3 diossolano	289	246	248	234	244	245
2,2 dimetil 1,3 diossolano	398	299	313	312	331	276
cicloesano	434	370	297	346	427	387
diossano	94	92	95	92	110	114
toluene	471	325	327	354	464	383
	valore medio	dev.std	dev.std. (%)			
etanolo	79	6	8			
isopropanolo	283	34	12			
1,3 diossolano + acetato di etile	449	35	8			
2 metil 1,3 diossolano	251	19	8			
2,2 dimetil 1,3 diossolano	322	42	13			
cicloesano	377	51	14			
diossano	100	10	10			
toluene	387	66	17			

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente pari al 25 % - 30 %.

Maggiori dettagli sul metodo potranno essere ritrovati nella procedura originale UNI EN 13649:2002 allegata (Appendice D).

5.3.5. *Composti Organici Volatili in tracce*

UNI EN ISO 16017-1:2002 – Campionamento ed analisi di composti organici volatili in forma gassosa mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico e cromatografia gassosa (Appendice E).

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione dei composti organici volatili in tracce prevede il campionamento del gas su fiale a 3 strati contenenti carbone attivo (fase adsorbente idonea e specificatamente utilizzata per il campionamento di composti organici in generale da effluenti gassosi) compatibile con il desorbimento termico.

I 3 strati di carbone presentano diversa capacità adsorbente: tale dispositivo di campionamento permette di adsorbire composti organici ad ampio spettro di volatilità e l'abbinamento a tecniche di iniezione mediante desorbimento termico permette la rilevazione di sostanze in tracce (concentrazioni $< 0,1 \text{ mg/Nm}^3$). A differenza delle aldeidi (per le quali il campionamento prevede una reazione chimica con DNPH, con formazione di composti diversi e meno volatili dalle aldeidi stesse), il campionamento avviene sfruttando il fenomeno dell'adsorbimento e dell'interazione reversibile tra i composti organici e la superficie del carbone attivo.

La fase adsorbente trattiene i composti che vengono determinati in laboratorio con tecniche di cromatografia gassosa, dopo averli estratti dal carbone mediante trattamento termico.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento dell'emissione sono necessari:

- Fiale adsorbenti di carbone attivo per desorbimento termico. Sono state utilizzate fiale a 3 strati di materiale adsorbente (*Supelco Carbotrap® 300*) utili per campionare composti organici ad ampio spettro di volatilità.
- Pompa campionatrice personale *SKC* modello 222-3 con flussimetro di controllo nel campo 0-150 ml/min.
- Tubi di teflon per collegamenti tra emissione - fiala - campionatore.

Per le fasi di analisi sono necessari:

- Metanolo RS per HPLC.
- Siringhe per gascromatografia *Hamilton* 1-10 μl .
- Termodesorbitore *Perkin Elmer ATD400* impostato con: temperatura di desorbimento fiale 330 °C, tempo di desorbimento 20 minuti,

temperatura di criofocalizzazione $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura di iniezione in colonna $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 5 minuti, temperatura valvole e *transfer-line* $190\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- *GasCromatografo Varian 3800* collegato a Spettrometro di Massa *Varian Saturn2000* con autocampionatore *8200CX*.
- Colonna SPB-5 MS da 60 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 μm film interno.
- Acquisizione *Full Scan* da 40 a 350 u.m.a. – 1 scansione/s.
- Ionizzazione positiva ad impatto elettronico EI.
- Pressione in testa alla colonna 14 psi (96,53 kPa).
- Programmata forno GC: $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 5 minuti, poi $8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ fino a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura di $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 1 minuto, poi $13\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ fino a $280\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura di $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ per 11 minuti (tempo di analisi complessivo di circa 40 minuti).

Procedimento

Il gas da campionare viene aspirato attraverso la fiala adsorbente ad una velocità di 50 ml/min avendo cura di orientare la fiala stessa in modo che il flusso investa prima lo strato di carbone meno adsorbente (minore superficie attiva) per poi arrivare agli strati più adsorbenti (solitamente sulle fiale è indicata la direzione di campionamento).

Nel caso di emissioni troppo calde o umide, per evitare fenomeni di deattivazione o degradazione del materiale di campionamento, è necessario interporre, tra l'emissione e la fiala, un sistema di refrigerazione e/o raccolta della condensa, che sarà da analizzare a parte ed il cui contributo andrà a sommarsi a quello della fiala stessa. Al termine del prelievo la fiala viene sigillata alle estremità, viene collocata in una provetta di vetro con tappo a tenuta e viene consegnata al laboratorio insieme con l'eventuale condensa raccolta.

In laboratorio, la fiala non deve essere sottoposta ad alcuna operazione di preparazione del campione, ma può essere direttamente inserita nel termodesorbitore per l'analisi gascromatografica. L'eventuale condensa viene trasferita in un contenitore graduato e viene diluita fino ad un volume noto con metanolo (solitamente 5 ml), utilizzando anche i lavaggi del condensatore stesso. Una aliquota della soluzione ottenuta viene trasferita in vial per essere poi iniettata in gascromatografo-spettrometro di massa: dati i volumi di campionamento estremamente ridotti e la necessità di diluire la condensa con solvente, spesso l'analisi di tale frazione non porta ad informazioni aggiuntive.

Il riconoscimento dei singoli composti avviene sulla base dei tempi di ritenzione dei composti organici di interesse e sul loro spettro di massa.

La concentrazione dei singoli composti viene determinata con la tecnica dello standard esterno con retta di calibrazione ad 1 punto^a, considerando

^a Vedi nota "a", pag. 84.

l'intensità delle aree dei segnali. La preparazione degli standard di confronto avviene introducendo quantità note di soluzioni di riferimento in fiale simili a quelle utilizzate nei campionamenti: tali fiale sono poi sottoposte alla stessa procedura analitica dei campioni.

In funzione della complessità del tracciato gascromatografico, la quantificazione può avvenire sia considerando le intensità complessive di tutti gli ioni costituenti lo spettro di massa (TIC) o, in alternativa, considerando l'intensità delle sole masse caratteristiche dei singoli composti (SIM) conforme descritto precedentemente al § 5.3.3.

Le sostanze che la spettrometria di massa riconosce essere, con buona probabilità, appartenenti a determinate famiglie di composti (che si generano per effetto di decomposizioni, volatilizzazioni, condensazioni o altre reazioni chimiche dovute alle alte temperature del forno di prova) vengono identificati con diciture generiche del tipo "idrocarburi", "idrocarburi ossigenati", "idrocarburi aromatici", ecc. e vengono quantificati prendendo come riferimento uno specifico componente della famiglia di composti.

Espressione del risultato

Dal risultato dell'analisi della fiala, si risale alla concentrazione dei singoli composti nella emissione, attraverso la seguente relazione:

$$\text{Conc. } (\mu\text{g} / \text{Nm}^3) = \frac{Q_{\text{STD}}(\text{ng}) \times A}{A_{\text{STD}} \times Vg(\text{litri})} \times \frac{(273 + Tc)}{273}$$

dove:

Conc. ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$) = concentrazione nell'emissione gassosa di uno specifico composto.

Q_{STD} (ng) = quantità nota di composto introdotto nella fiala utilizzata come standard di riferimento.

A_{STD} = area del segnale relativo al composto introdotto nella fiala utilizzata come standard di riferimento

A = area del segnale relativo al composto presente nella fiala utilizzata per il campionamento.

Vg (litri) = volume di gas campionato alla temperatura Tc rilevata alla pompa campionatrice.

Tc ($^{\circ}\text{C}$) = temperatura del gas in ingresso alla pompa campionatrice.

Dal risultato dell'analisi di laboratorio sulla eventuale condensa, si risale alla concentrazione dei singoli composti nella emissione, attraverso la seguente relazione:

$$Conc. (\mu g / Nm^3) = \frac{1000 \times Conc. (mg / l) \times Vs (ml)}{Vg (litri)} \times \frac{(273 + Tc)}{273}$$

dove:

Conc. ($\mu g/Nm^3$) = concentrazione nell'emissione gassosa di uno specifico composto.

Conc. (mg/l) = concentrazione nella soluzione di estrazione di uno specifico composto.

Vs (ml) = volume di soluzione estraente.

Vg (litri) = volume di gas campionato alla temperatura Tc rilevata alla pompa campionatrice.

Tc ($^{\circ}C$) = temperatura del gas in ingresso alla pompa campionatrice.

La concentrazione dei composti nella fase gassosa viene espressa in riferimento alle c.n. (273 K, 1013 mbar). Nella espressione precedente viene considerata trascurabile la variazione introdotta dalla pressione atmosferica effettiva (sempre nel campo 1000-1020 mbar) rispetto al valore di normalizzazione 1013 mbar.

Il calcolo della concentrazione dei singoli composti va eseguito sia per la fiala di campionamento sia per quello ottenuto dall'eventuale condensa. La concentrazione complessiva in mg/Nm^3 , per ciascun composto, sarà data dalla somma dei 2 contributi.

Verifica del metodo

In generale questa metodologia, nella presente ricerca, è stata utilizzata prevalentemente a scopi qualitativi e le sole determinazioni quantitative sono state effettuate solamente nei casi in cui il metodo UNI EN 13649:2002 non ha mostrato la presenza di alcun composto organico in concentrazione rilevabile. Per tale motivazione non sono state previste prove sistematiche analoghe a quelle effettuate per gli altri metodi. E' comunque possibile indicare quali sono, in linea generale, le prestazioni del metodo in questione sulla base delle esperienze specifiche avute da ARPA nell'applicazione dello stesso a problematiche ambientali.

Limite di rilevabilità della tecnica analitica

Il limite di rilevabilità dipende dalla tipologia dei composti di interesse: per sostanze caratterizzate da spiccata sensibilità di rivelazione alla spettrometria di massa, possono essere rilevate anche concentrazioni dell'ordine di $1-10 \mu g/m^3$. Più in generale la tecnica permette di rilevare concentrazioni medie dell'ordine di $10-50 \mu g/m^3$.

In generale si può assumere $0,01 mg/Nm^3$ di composto come limite di rilevabilità del metodo, nelle condizioni sperimentali.

Efficacia del campionamento:

L'efficienza di campionamento, valutata per diverse categorie di composti, è superiore al 90 %.

Ripetibilità del campionamento e dell'analisi.

L'esecuzione ripetuta di campionamento ed analisi di aria fornisce valori di scarto tipo percentuale inferiore al 15 %.

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente attorno al 25 % - 30 %.

Maggiori dettagli sul metodo potranno essere ritrovati nella procedura originale UNI EN 16017-1:2002 allegata (Appendice E).

5.3.6. Ossido di carbonio

Determinazione di monossido di carbonio mediante strumentazione automatica a celle elettrochimiche.

Principio del metodo

Il metodo per la determinazione di CO prevede il campionamento del gas con apposita sonda in dotazione allo strumento ed il convogliamento diretto all'analizzatore che mostra in tempo reale la concentrazione del CO in ppm.

Materiali e Strumentazioni

Per la fase di campionamento ed analisi dell'emissione sono necessari:

- Analizzatore automatico a celle elettrochimiche per la determinazione di CO corredato di sonda campionatrice (*Tecora Sensonic*).

Procedimento

Il gas da campionare viene aspirato attraverso l'apposita sonda dotata di separatore di umidità e viene convogliato direttamente allo strumento che in tempo reale fornisce la concentrazione di CO espressa in ppm.

Espressione del risultato

Dal risultato in ppm è possibile calcolare la concentrazione in mg/Nm³ mediante la seguente relazione:

$$\text{Conc. (mg / Nm}^3\text{)} = \frac{\text{Conc. (ppm)} \times 28}{22,414}$$

dove:

Conc. (mg/Nm³) = concentrazione nell'emissione gassosa di CO.

Conc. (ppm) = concentrazione nell'emissione gassosa di CO espressa in ppm.

Verifica del metodo

Limite di rilevabilità della tecnica analitica:

Prendendo a riferimento le caratteristiche costruttive dello strumento, il limite di rilevabilità è 1 ppm di CO.

Efficacia del campionamento:

Non essendovi fasi di campionamento, ma una lettura diretta, si assume una efficienza di campionamento pari a 100 %.

Ripetibilità del campionamento e dell'analisi.

La ripetibilità di analisi effettuate su bombole certificate di CO a 100 ppm è risultata inferiore al 2 %.

L'incertezza estesa complessiva del metodo, sulla base dei riscontri precedenti, può essere stimata ragionevolmente inferiore al 5 % del valore misurato.

6. RISULTATI E DISCUSSIONE

6.1. Prove in laboratorio

6.1.1. Prove preliminari qualitative

Il risultato delle prove qualitative è rappresentato dall'elenco delle sostanze organiche volatili la cui presenza è stata (qualitativamente) rilevata nell'emissione gassosa, nelle condizioni sperimentali descritte nel § 5.1.1, per ognuno dei 14 additivi prescelti per la sperimentazione, applicati in predefinita grammatura ai supporti e quindi sottoposti a trattamento termico ad una temperatura specificata (vedi Tab. 5.1).

Le SOV emesse sono classificate in tre categorie:

- Aldeidi,
- Glicoli,
- Composti Organici Volatili.

6.1.1.1. Specifiche delle prove

La sintesi delle condizioni operative delle prove qualitative condotte in forno da laboratorio è stata riportata alla precedente sezione 5.1.1.5, in Tab. 5.4.

6.1.1.2. Composizione delle emissioni

I risultati sono documentati nelle 14 schede, una per ogni additivo, riportate in seguito alle tabelle 6.1 a 6.14. Tali tabelle comprendono anche una quindicesima scheda, con i risultati qualitativi per un provino senza applicazione di composti organici (“bianco”). Vengono identificati in grassetto i componenti più abbondanti.

I risultati qualitativi ottenuti hanno costituito una base informativa importante per potere efficacemente predisporre ed affrontare le prove quantitative.

La presenza di SOV anche nell'emissione associata al trattamento termico di una piastrella campione senza additivo organico, comunque nessuna sostanza in quantità importante, può essere fatta risalire ad inevitabili contaminazioni del forno/linea prelievo durante le prove. Questo fatto è importante ai fini della valutazione dell'incertezza delle successive misure quantitative effettuate mediante il medesimo forno.

Tab. 6.1 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del MEG: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

MEG - glicole monoetilenico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Glicole Etilenico
Acetaldeide	Acetone	
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
TOC _{stat.} : 1,2 mg/m ³		

Tab. 6.2 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del DEG: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

DEG - glicole dietilenico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Dietilen glicole
Acetaldeide	Acetone	1,2 propilenglicole
Propionaldeide	1,3 diossolano	
Acroleina	Acido acetico	
	2 metil 1,3 diossolano	
	1,4 diossano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	Toluene	
	1,3 Diossano	
	2 metil 1,3 diossano	
	1 metossi 2 propanolo	
TOC _{stat.} : 6,7 mg/m ³		

Tab. 6.3 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del MPG: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

MPG – glicole monopropilenico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Monopropilenglicole
Acetaldeide	Acetone	
Propionaldeide	Acido acetico o Anidride acetica	
Acroleina	Metil acetato	
	Idrocarburi alifatici (C5:C7)	
	Benzene, Toluene	
TOC _{stat.} : 10,4 mg/m ³		

Tab. 6.4 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del DPG: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

DPG – glicole dipropilenico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Glicole etilenico
Acetaldeide	Acetone	Glicole dietilenico
Propionaldeide	Acido acetico o Anidride acetica	Mono propilen glicole
Acroleina	Metil vinil chetone	Dipropilen glicole
	Idrocarburi alifatici (C5:C7)	Tripropilen glicole
	1,3 diossolano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	Toluene	
TOC _{stat.} : 5,6 mg/m ³		

Tab. 6.5 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del NPG: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

NPG - neopentilglicole		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Neopentil glicole
Acetaldeide	Acetone	
Propionaldeide	Acido acetico	
Metacroleina	Metil etil chetone	
Isobutirraldeide	Idrocarburi alifatici (C5:C7)	
Etilacroleina	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	Idrocarburi insaturi (alcheni)	
	Furano	
	2metil furano	
	1,4 diossano	
	Metil isopropil chetone	
	1,3 Diossolani sostituiti	
TOC _{stat.} : 11,3 mg/m ³		

Tab. 6.6 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del DPM: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

DPM – Etere metilico del glicole dipropilenico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Glicole etilenico
Acetaldeide	Acetone	Mono propilen glicole
Propionaldeide	Acido acetico o anidride acetica	Dipropilen glicole
Metacroleina	Metil etil chetone, Acetato di metile, Metil isobutil chetone	Tripropilen glicole
Acroleina	Idrocarburi alifatici (C5:C7)	
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	Toluene	
	2,2 dimetil 1,3 diossolano	
	1,4 diossano	
	1,3 Diossolani sostituiti	
	Idrocarburi ossigenati saturi ed insaturi	
TOC _{stat.} : 6,5 mg/m ³		

Tab. 6.7 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del PEG 400: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

PEG 400 – glicole polietilenico 400		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico, Acetone	Etilen glicole
Acetaldeide	Toluene, xilene	Dietilen glicole
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	Trietile glicole
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	1,4 diossano	
	Metil isopropil chetone	
	1,3 Diossolani sostituiti	
	Acetato di metile, Formiato di metile, Formiato di etile	
	Metossi Etil Acetato	
	Cellosolve	
TOC _{stat.} : 12,1 mg/m ³		

Tab. 6.8 – Analisi qualitativa del PEG 4000: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

PEG 4000 – glicole polietilenico 4000		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Etilen glicole
Acetaldeide	Acetone	Dietilen glicole
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	Trietile glicole
	1,3,6 Trioxaciclottano	Derivati del dietilen glicole
	Idrocarburi alifatici ciclici e non (C5:C7)	Neopentil glicole
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	Toluene	
	1,4 diossano	
	Metil isopropil chetone	
	1,3 Diossolani sostituiti	
	Acetato di metile, Formiato di metile, Formiato di etile	
TOC _{stat.} : 15,9 mg/m ³		

Tab. 6.9 – Analisi qualitativa dell'emissione gassosa in trattamento termico del PAcr-Na: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

PAcr-Na – poliacrilato di sodio		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	Neopentil glicole
Acetaldeide	Acetone	
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	
Propionaldeide		
Crotonaldeide	Idrocarburi alifatici ciclici e non (C5:C7)	
Metacroleina	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	Benzene, Toluene, Xilene	
	Metil vinil chetone	
	1,4 diossano	
	Metil isopropil chetone	
	1,3 Diossolani sostituiti	
	Formiato di metile	
TOC _{stat.} : 9,6 mg/m ³		

Tab. 6.10 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del CMC: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

CMC – carbossimetilcellulosa		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	
Acetaldeide	Acetone	
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	
Propionaldeide	Acetato di vinile	
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	Benzene, Toluene, Xilene	
	1,4 diossano	
	Metil isobutil chetone	
	Metil etil chetone	
	Furano, 2 metil furano	
TOC _{stat.} : 2,8 mg/m ³		

Tab. 6.11 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del DES: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

DES - destrina		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Alcool Etilico	
Acetaldeide	Acetone	
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	
Propionaldeide	Acetato di vinile	
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	4 metil 1,3 diossolano	
	Benzene, Toluene, Xilene	
	1,4 diossano	
	Metil isopropil chetone	
	Metil etil chetone	
	Furano, 2 metil furano	
	Furfurale, 2 furanone, 5 metil furfurale	
TOC _{stat.} : 5,7 mg/m ³		

Tab. 6.12 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico dell’ACRM: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

ACRM - acrilammide		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Acrilonitrile	
Acetaldeide	Acetone	
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	
Propionaldeide	Acetato di vinile	
	1,3 diossolano	
	2 metil 1,3 diossolano	
	1,4 diossano	
	Metil etil chetone	
	2 metil furano	
	Benzene, toluene	
TOC _{stat.} : 5,3 mg/m ³		

Tab. 6.13 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del PVA: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

PVA – alcool polivinilico		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Etanolo	
Acetaldeide	Acetone	
Acroleina	Acido acetico o anidride acetica	
Propionaldeide	Acetato di metile, Diacetile	
Crotonaldeide	1,3 diossolano	
Tolualdeide	2 metil 1,3 diossolano	
Benzenaldeide	Metil etil chetone, etil vinil chetone, metil propenil chetone, fenil metil chetone	
	Furano, 2 metil furano, 2,3diidrofurano, 2,5dimetil furano	
	Benzene, toluene	
	Acetato di metile	
TOC _{stat.} : 12,3 mg/m ³		

Tab. 6.14 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del PVAc: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

PVAc – resina acetovinilica		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Acetone	
Acetaldeide	Acido acetico o anidride acetica	
Acroleina	1,4 diossano	
Propionaldeide	1,3 diossolano	
Crotonaldeide	2 metil 1,3 diossolano	
Tolualdeide	Acetato di metile	
Benzenaldeide	Metil etil chetone, metil vinil chetone, metil propenil chetone	
	Furano, 2 metil furano, 2,3 diidrofurano, 2,5 dimetil furano	
	Benzene, toluene	
TOC _{stat.} : 9,2 mg/m ³		

Tab. 6.15 – Analisi qualitativa dell’emissione gassosa in trattamento termico del BIANCO: elenco dei composti identificati (in grassetto i componenti più abbondanti).

BIANCO – solo supporto		
<i>Aldeidi</i>	<i>Composti Organici Volatili</i>	<i>Glicoli</i>
Formaldeide	Acetone	
Acetaldeide	Benzene, Toluene, xilene (tracce)	
	1,3 diossolano (tracce)	
	1,4 diossano (tracce)	
	Idrocarburi alifatici (C5:C7)	
TOC _{stat.} : 1,3 mg/m ³		

6.1.2. Prove quantitative

Tutti i 14 composti organici prescelti per la sperimentazione ed i campioni estratti dalle piastrelle industriali Ceramica A e Ceramica B, sono stati sperimentati nel forno da laboratorio elettrico a rulli.

In seguito vengono riportati i risultati dei singoli additivi ed il “bianco”, posteriormente al § 6.1.2.2, i risultati riferenti al trattamento termico in laboratorio dei prodotti industriali.

6.1.2.1. Additivi organici singoli

Le tabelle seguenti documentano, per ciascun additivo e per ciascuna prova:

- la specifica delle prove: Tab. da 6.16 a 6.30 e Fig. 6.1 a 6.22;
- il quadro sinottico delle specifiche delle prove eseguite in laboratorio: Tab. 6.31;
- i risultati, in termini di composizione delle emissioni (concentrazioni delle SOV): Tab. 6.32;
- i risultati, in termini di fattori di emissione (FE) delle SOV: Tab. 6.33;
- i dati e le elaborazioni necessari per i calcoli dei FE di ogni singola sostanza rilevata nelle analisi delle emissioni: Tab. 6.34.

6.1.2.1.1. Specifiche delle prove

Le tabelle da 6.16 a 6.30, con la specifica delle prove, contengono in dettaglio, per ogni additivo (da MEG a PVAc; Bianco) e per ogni temperatura di trattamento termico:

- a. **Regolazioni della linea di applicazione**, con i risultati delle successive prove di applicazione, fino a giungere alle condizioni (evidenziate con il grassetto) definitivamente adottate.
- b. **Risultati delle misure effettuate sui provini**. Tali misure includono: l'identificazione dei provini con apposita sigla, la misura delle dimensioni, la misura del peso secco e del peso dopo applicazione (con il successivo calcolo della grammatura applicata), il peso dopo cottura (con il successivo calcolo del residuo organico dopo cottura). Come mostrato nelle tabelle, tutti i provini sono sottoposti a queste misure, anche quelli che servono per il riempimento del forno prima dell'avvio delle misure sulle emissioni. I provini evidenziati sono invece quelli presenti nel forno durante le misure citate sulle emissioni.

- c. **Dati generali della prova di trattamento termico.** Tali dati includono le velocità (di riscaldamento, di avanzamento delle piastrelle, dei rulli), i tempi, le misure alla centralina di prelievo, il periodo di esecuzione del prelievo e misure sulle emissioni.
- d. **Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC).** Vengono riportate tutte le misure effettuate con l'utilizzo del gascromatografo FID con campionamento dinamico (metodo descritto in 5.3.1.1). Si noti come queste prove vengano eseguite per tutta la durata della sperimentazione, ed includano anche il periodo preparatorio di "riempimento" del forno, prima dell'avvio delle misure alle emissioni: periodo generalmente caratterizzato da un sensibile gradiente temporale della concentrazione di TOC (vedi Fig. da 6.1 a 6.22).

In Tab. 6.31 è stato realizzato un quadro sinottico delle specifiche di tutte le prove eseguite in laboratorio, in particolare la portata di aspirazione, il controllo dell'additivo, e dati del forno durante la conduzione della prova.

6.1.2.1.2 Composizione delle emissioni

Per ogni prova i risultati quantitativi primari sono i valori di concentrazione [mg/Nm^3] di ciascuna sostanza organica inquinante nell'emissione gassosa, della quale viene misurata e registrata la portata volumetrica [Nm^3/h].

In Tab. 6.32 sono riportate le concentrazioni delle diverse sostanze organiche oggetto della ricerca nell'emissione gassosa nel corso di ogni prova, per i 14 additivi studiati ed il "bianco", con i metodi specificati nel § 5.3.

Tab. 6.16-a – Regolazioni della linea di applicazione.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche			
Regolazione della linea					
Additivo applicato:		MEG	AD-01	Grammatura teorica:	0.25
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Peso applicato [g]	
(300°C)1-0	5.0	0	80.0	0.294	
2-0	5.0	0	85.0	0.273	
3-0	5.0	0	90.0	0.261	
4-0	5.0	0	95.0	0.264	
5-0	5.0	0	100.0	0.265	
5-1	5.0	0	100.0	0.240	
6-0	5.0	0	98.0	0.247	
4-1	5.0	0	95.0	0.210	
3-1	5.0	0	90.0	0.238	
2-1	5.0	0	85.0	0.268	
2-2	5.0	0	85.0	0.258	

Note: grammatura in [g/pz]

Tab. 6.16-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 24	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____				Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	MEG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
1-1	99.9	99.9	147.887	148.115	0.228	22.8		147.885
1-2	99.9	99.9	148.987	149.228	0.241	24.1		148.986
1-3	99.9	99.9	148.630	148.852	0.222	22.2		148.627
1-4	99.9	99.9	149.602	149.812	0.210	21.0		149.602
1-5	99.9	99.9	148.545	148.771	0.226	22.6		148.540
1-6	99.9	99.9	147.299	147.521	0.222	22.2		147.296
1-7	99.9	99.9	149.981	150.219	0.238	23.8		149.980
1-8	99.9	99.9	149.353	149.582	0.229	22.9		149.351
1-9	99.9	99.9	147.111	147.350	0.239	23.9		147.110
1-10	99.9	99.9	146.849	147.105	0.256	25.7		146.849
1-11	99.9	99.9	149.958	150.213	0.255	25.6		149.959
1-12	99.9	99.9	148.368	148.613	0.245	24.5		148.367
1-13	99.9	99.9	148.120	148.358	0.238	23.8		148.121
1-14	99.9	99.9	147.297	147.537	0.240	24.0		147.296
1-15	99.9	99.9	148.325	148.581	0.256	25.7		148.324
1-16	99.9	99.9	145.577	145.838	0.261	26.2		145.575
1-17	99.9	99.9	148.713	148.966	0.253	25.4		148.713
1-18	99.9	99.9	147.641	147.886	0.245	24.5		147.640
1-19	99.9	99.9	149.177	149.440	0.263	26.4		149.174
1-20	99.9	99.9	147.614	147.869	0.255	25.6		147.613
1-21	99.9	99.9	149.156	149.416	0.260	26.1		149.146
1-22	99.9	99.9	147.804	148.090	0.286	28.7		147.794
1-23	99.9	99.9	147.956	148.226	0.270	27.1		147.946
1-24	99.9	99.9	148.477	148.722	0.245	24.5		148.460
1-25	99.9	99.9	147.772	148.019	0.247	24.7		147.759
1-26	99.9	99.9	148.419	148.673	0.254	25.5		148.404
1-27	99.9	99.9	147.275	147.533	0.258	25.9		147.267
1-28	99.9	99.9	147.663	147.901	0.238	23.8		147.654
1-29	99.9	99.9	149.562	149.809	0.247	24.7		149.544
1-30	99.9	99.9	148.353	148.589	0.236	23.6		148.339
1-31	99.9	99.9	146.644	146.901	0.257	25.8		146.636
1-32	99.9	99.9	147.850	148.122	0.272	27.3		147.842
1-33	99.9	99.9	146.582	146.842	0.260	26.1		146.574
1-34	99.9	99.9	149.977	150.229	0.252	25.3		149.970
1-35	99.9	99.9	150.632	150.885	0.253	25.4		150.625
1-36	99.9	99.9	150.786	151.035	0.249	24.9		150.779
1-37	99.9	99.9	147.987	148.231	0.244	24.4		147.979
1-38	99.9	99.9	147.819	148.039	0.220	22.0		147.815
Note:	Grammatura media piastrella 19-38 [g/m ²] = 25.4		1.3845 (deviazione standard popolazione)					
			[g/pz] = 0.253		0.0138			

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.002	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
-0.005	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.002	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.001	0.001	0.4
-0.001	0.000	0.0
0.001	0.001	0.4
-0.001	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.002	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.017	0.000	0.0
-0.013	0.000	0.0
-0.015	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.009	0.000	0.0
-0.018	0.000	0.0
-0.014	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.009	0.000	0.0
MEG-300°C		

Tab. 6.16-c – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 24		Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura: 300°C
Additivo chimico: MEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2				
Velocità di avanzamento piastrelle: 60.3 mm/min			Velocità impostata rulli: 181.8 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h.min.s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
1-1	10.50					
1-2						
1-3	10.55					
1-4						
1-5						
1-6	11.00					
1-7						
1-8						
1-9						
1-10						
1-11	11.08					
1-12						
1-13						
1-14	11.13					
1-15						
1-16						
1-17	11.17					
1-18						
1-19	11.21	11.21.30	63,632	18	0	PROVA
1-20						
1-21						
1-22						
1-23						
1-24						
1-25	11.31	11.31.30	63,805	18	0	
1-26						
1-27						
1-28						
1-29						
1-30	11.39	11.40.30	63,961	20	0	
1-31	11.42					
1-32						
1-33						
1-34	11.45					
1-35						
1-36						
1-37						
1-38	11.52	11.52.30	64,152	20	0	

NOTE: 1'38" per piastrella

Tab. 6.16-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		24		Additivo chimico:				MEG		Temperatura cottura:			300°C		
Inizio ore:		10.50		Fondo scala (*):				2.5		Fine ore:		11.52		[mg/m3]	
10.50/10.53h	F vuoto	3.5	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.7	3.7	3.7					
11.00/11.05h	In piastr.	7.2	7.7	7.8	8.3	8.6	9.4	10.1	10	10.1	10.5				
	10.5	10.8	11	11.5											
11.13/11.19h	F pieno	14.7	14.4	14.3	14.7	15.5	15.5	15.6	15.1	14.6	15.4				
	15.6	15.6	15.3	14.9	15.8	16.1	15.7	15.6	16.2						
11.22/11.52h	Prova	17.1	16.8	16.4	16.1	16.6	17.9	17.8	17.7	17.3	16.9				
	17.2	17.5	17.6	18.4	19	19.3	19.4	19.6	19.9	19.6	18.9	18.3			
	18	17.3	17.6	17.5	17.1	17.9	18.6	18.2	17.9	17.9	17.5	17.5			
	17.5	17.7	17.5	18.1	18.1	18.5	19.5	20.5	20.2	20.7	21	21			
	21.1	21.2	20.5	20.1	19.8	20.4	19.9	19.7	20.3	19.8	19.8	19.8			
	19.9	19.8	19.8	21.1	20.9	20.6	20.5	20.9	20.8	20.4	19.8	19.8			
	21.1	21	19.9	18.7	18.1	18.7	18.5	18.6	18.1	18.2	18.7	18.6			
	20.3	18.3	18.9	19.9	20	19.9	19.6	26.8							
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		19.0 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)									
La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

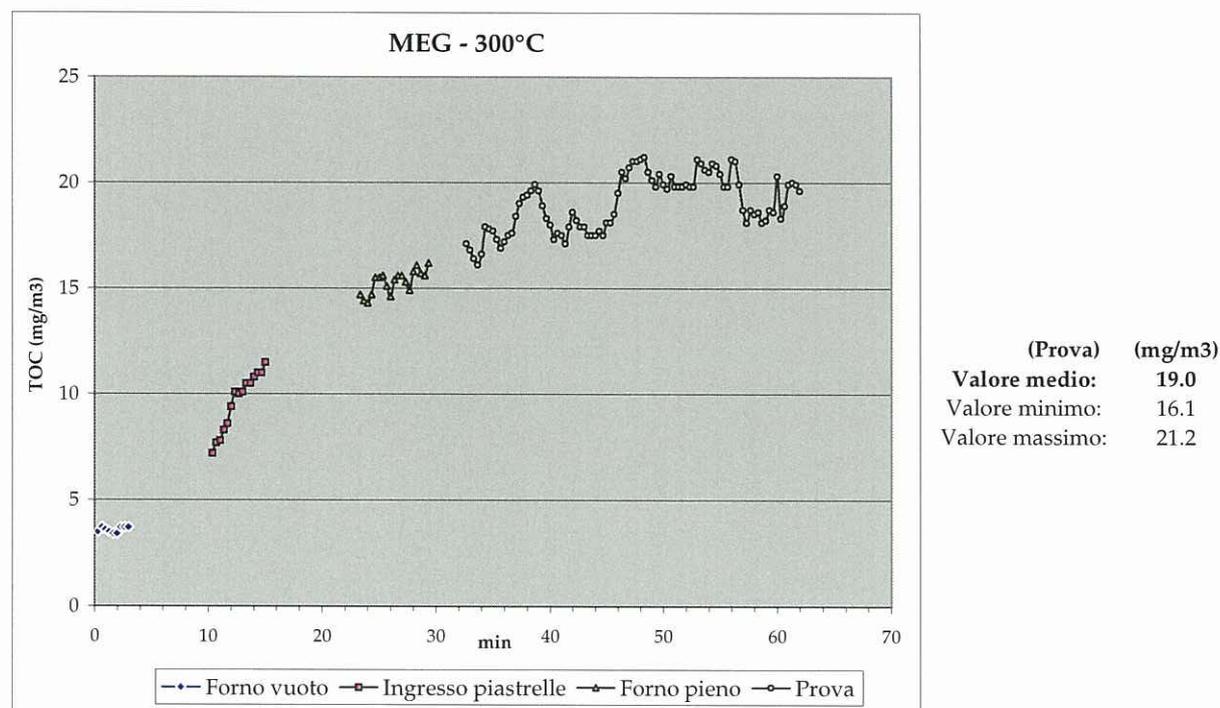


Figura 6.1: andamento del Carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico

Tab. 6.16-e – Regolazioni della linea di applicazione.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: MEG		Grammatura teorica: 0.25		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Peso applicato [g]
2-3 (700°C)	5.0	0	85.0	0.251
Note:				
Stessa regolazione della prova precedente (AD01 - 300°C)				

Tab. 6.16-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche									
Scheda rilievo dati											
Prova (n°): 25	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:					
Additivo chimico:	MEG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			700°C					
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]	ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]				additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-1-1	99.9	99.9	145.870	146.110	0.240	24.0		145.810	-0.060	0.000	0
-1-2	99.9	99.9	147.174	147.425	0.251	25.2		147.112	-0.062	0.000	0
-1-3	99.9	99.9	147.378	147.614	0.236	23.6		147.321	-0.057	0.000	0
-1-4	99.9	99.9	146.977	147.226	0.249	24.9		146.829	-0.148	0.000	0
-1-5	99.9	99.9	147.690	147.950	0.260	26.1		147.582	-0.108	0.000	0
-1-6	99.9	99.9	147.747	148.001	0.254	25.5		147.636	-0.111	0.000	0
-1-7	99.9	99.9	148.459	148.721	0.262	26.3		148.350	-0.109	0.000	0
-1-8	99.9	99.9	147.872	148.123	0.251	25.2		147.757	-0.115	0.000	0
-1-9	99.9	99.9	147.460	147.702	0.242	24.2		147.347	-0.113	0.000	0
-1-10	99.9	99.9	148.693	148.940	0.247	24.7		148.578	-0.115	0.000	0
-1-11	99.9	99.9	146.620	146.865	0.245	24.5		146.509	-0.111	0.000	0
-1-12	99.9	99.9	149.406	149.664	0.258	25.9		149.291	-0.115	0.000	0
-1-13	99.9	99.9	147.817	148.054	0.237	23.7		147.683	-0.134	0.000	0
-1-14	99.9	99.9	147.620	147.866	0.246	24.6		147.461	-0.159	0.000	0
-1-15	99.9	99.9	147.702	147.937	0.235	23.5		147.588	-0.114	0.000	0
-1-16	99.9	99.9	145.462	145.707	0.245	24.5		145.315	-0.147	0.000	0
-1-17	99.9	99.9	146.080	146.319	0.239	23.9		145.924	-0.156	0.000	0
-1-18	99.9	99.9	146.885	147.145	0.260	26.1		146.730	-0.155	0.000	0
-1-19	99.9	99.9	151.289	151.540	0.251	25.2		151.174	-0.115	0.000	0
-1-20	99.9	99.9	147.819	148.079	0.260	26.1		147.697	-0.122	0.000	0
-1-21	99.9	99.9	148.050	148.297	0.247	24.7		147.916	-0.134	0.000	0
-1-22	99.9	99.9	148.659	148.913	0.254	25.5		148.523	-0.136	0.000	0
-1-23	99.9	99.9	149.422	149.676	0.254	25.5		149.289	-0.133	0.000	0
-1-24	99.9	99.9	146.577	146.811	0.234	23.4		146.450	-0.127	0.000	0
Note: Grammatura media piastrella 15-24 [g/m ²] = 24.8 0.9101 (deviazione standard popolazione)											
[g/pz] = 0.248 0.0091											
Media (intervallo)											
-0.134 0.000 0.0											
MEG-700°C											

Tab. 6.16-g – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 25	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	MEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle:		26.5	mm/min	Velocità impostata rulli:		78.4 (tachimetro forno)
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-1-1	13.40					
-1-2						
-1-3	13.48					
-1-4						
-1-5						
-1-6	13.59					
-1-7						
-1-8						
-1-9						
-1-10						
-1-11						
-1-12	14.21					
-1-13						
-1-14	14.30					
-1-15	14.32	14.35.00	67,364	21	0	PROVA
-1-16						
-1-17						
-1-18		14.45.30	67,587	21	0	
-1-19	14.47					
-1-20						
-1-21	14.55					
-1-22						
-1-23						
-1-24	15.04	15.05.00	67,998	21	0	

NOTE: 3'43" per piastrella

Tab. 6.16-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		25		Additivo chimico:				MEG		Temperatura cottura:			700°C		
Inizio ore:		13.31		Fondo scala (*):				4.0		Fine ore:		15.05		[mg/m ³]	
13:31/13:41h	F vuoto:	7.9	8.1	8.2	8.6	8.8	9.2	9.4	9.6	9.7	9.8				
	10.0	10	10.1	10	10.1	10	10.3	10.2	10	9.8	9.8				
	9.6	9.8	9.5	9.7	9.3	9.3	9.4	9.3							
14:00/14:10h	1/2 forno	46	46	44	44	47	43	44	43	44	45				
	44	45	46	45	46	49	48	46	45	45	45	46			
	48	49	48	47	52	52	49	47							
14:25/14:30h	F pieno:	48	45	47	46	45	43	43	43	44	42				
	45	44	43	46	47										
14:35/15:05h	Prova:	40.2	40	38.9	38.3	37.7	28.1	38.1	37.8	39	39.6				
	39.5	37.5	40.4	42.3	40.7	40.4	39.1	38.1	37.4	37.6	37.4	36.4			
	34.6	35.7	35.8	35.6	35.1	35.3	34.6	34.4	33.6	35.4	35.4	35			
	36	36.5	37.9	36.8	34.4	32.6	33.2	32.1	34.7	36.1	34.9	35.9			
	38	38.2	37.5	38.1	38.8	38.2	36.1	37.6	39.1	38.3	38.1	39			
	40	38.9	39	39.3	39.6	38.9	39.2	41.6	41.3	40.8	41.4	41.1			
	41.4	39.5	39.4	38.9	38.4	38.6	40.9	40.5	39	39.6	40.2	40.7			
	38.8	37.7	37.5	37.3	36.1	37.6	37.2								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio prova:		37.9 mg/m ³					La lettura del TOC avviene ogni 20s.								
Dati lordi.															

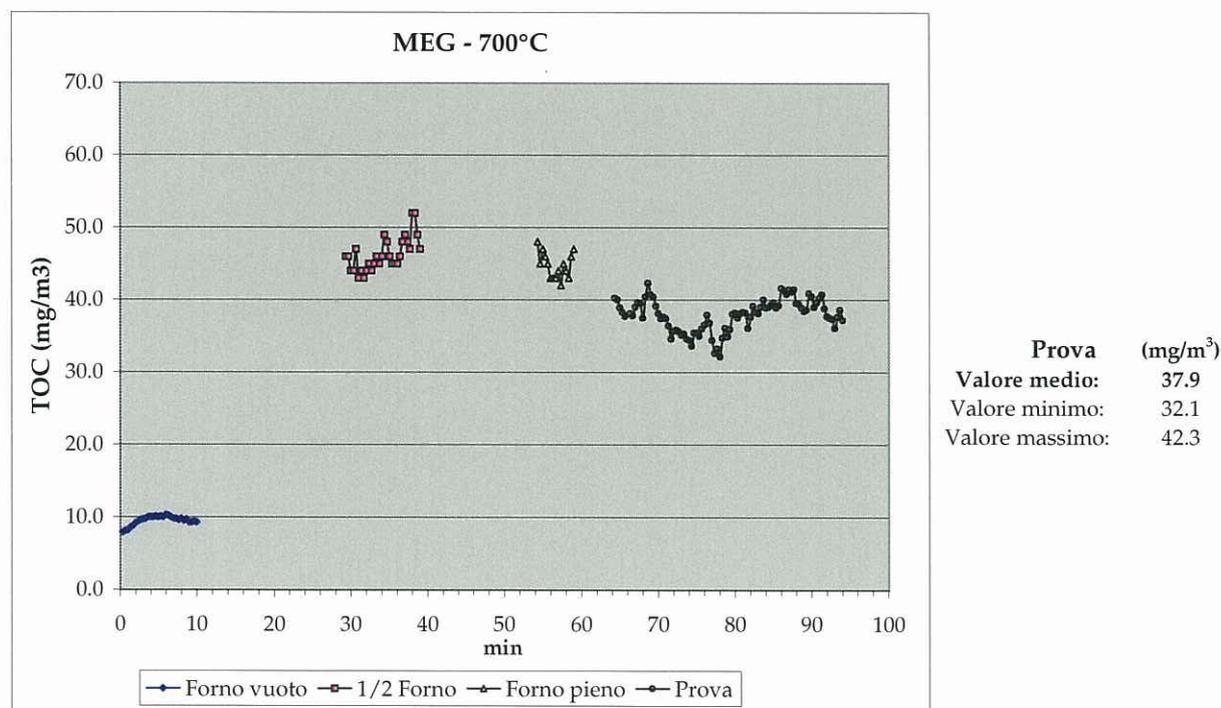


Figura 6.2 - Andamento del Carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico

Tab. 6.17-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	DEG	AD-02	Grammatura teorica:	<u>0.25</u>
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Peso applicato [g]
2-1	4.5	0	80.00	0.250
2-7	5.0	0	80.00	0.250
Note:				

Tab. 6.17-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 02		Temperatura ambiente (°C): 16				Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2				300°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
2-1	99.9	99.9	149.310	149.560	0.250	25.1	(*)	
2-2	99.9	99.9	147.040	147.272	0.232	23.2		
2-3	99.9	99.9	145.740	145.993	0.253	25.4		145.742
2-4	99.9	99.9	149.545	149.776	0.231	23.1		
2-5	99.9	99.9	146.260	146.501	0.241	24.1		
2-6	99.9	99.9	144.860	145.091	0.231	23.1		
2-7	99.9	99.9	145.160	145.409	0.249	24.9		
2-8	99.9	99.9	146.323	146.578	0.255	25.6		
2-9	99.9	99.9	147.910	148.165	0.255	25.6		147.910
2-10	99.9	99.9	147.180	147.438	0.258	25.9		
2-11	99.9	99.9	149.101	149.360	0.259	26.0		
2-12	99.9	99.9	148.802	149.068	0.266	26.7		
2-13	99.9	99.9	146.850	147.110	0.260	26.1		
2-14	99.9	99.9	146.712	146.975	0.263	26.4		
2-15	99.9	99.9	148.240	148.497	0.257	25.8		148.258
2-16	99.9	99.9	147.952	148.179	0.227	22.7		147.958
2-17	99.9	99.9	148.812	149.036	0.224	22.4		148.816
2-18	99.9	99.9	146.957	147.202	0.245	24.5		146.962
2-19	99.9	99.9	148.309	148.556	0.247	24.7		148.305
2-20	99.9	99.9	145.598	145.857	0.259	26.0		145.590
2-21	99.9	99.9	145.708	145.948	0.240	24.0		145.698
2-22	99.9	99.9	147.689	147.947	0.258	25.9		147.682
2-23	99.9	99.9	145.587	145.825	0.238	23.8		145.579
2-24	99.9	99.9	149.912	150.157	0.245	24.5		149.901
2-25	99.9	99.9	145.650	145.905	0.255	25.6		145.643
2-26	99.9	99.9	146.411	146.662	0.251	25.2		146.408
2-27	99.9	99.9	146.094	146.336	0.242	24.2		146.090
2-28	99.9	99.9	145.347	145.594	0.247	24.7		145.337
2-29	99.9	99.9	146.459	146.703	0.244	24.4		146.437
2-30	99.9	99.9	148.072	148.330	0.258	25.9		148.063
2-31	99.9	99.9	145.769	146.032	0.263	26.4		145.753
2-32	99.9	99.9	144.834	145.100	0.266	26.7		144.804
2-33	99.9	99.9	146.856	147.111	0.255	25.6		146.831
2-34	99.9	99.9	146.993	147.238	0.245	24.5		146.974
2-35	99.9	99.9	144.936	145.190	0.254	25.5		144.912
2-36	99.9	99.9	144.983	145.231	0.248	24.8		
2-37	99.9	99.9	146.982	147.233	0.251	25.2		
2-38	99.9	99.9	146.664	146.896	0.232	23.2		
Note:		Grammatura media piastrella 19-35 [g/m ²] = 25.2 0.8045 (deviazione standard popolazione)						
		[g/pz] = 0.251 0.008						

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
0.002	0.002	0.8
0.000	0.000	0.0
0.018	0.018	7.0
0.006	0.006	2.6
0.004	0.004	1.8
0.005	0.005	2.0
-0.004	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.011	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.022	0.000	0.0
-0.009	0.000	0.0
-0.016	0.000	0.0
-0.030	0.000	0.0
-0.025	0.000	0.0
-0.019	0.000	0.0
-0.024	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.013	0.000	0.0
DEG-300°C		

Tab. 6.17-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 02	Temperatura ambiente (°C): 16	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2			300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.8 mm/min		Velocità impostata rulli: 163.7 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
2-1	10.14					
2-2	10.16					
2-3	10.18					
2-4	10.20					
2-5	10.22					
2-6	10.24					
2-7	10.26					
2-8	10.28					
2-9	10.30					
2-10	10.33					
2-11	10.34					
2-12						
2-13	10.38					
2-14	10.40					
2-15						
2-16						
2-17	10.45					
2-18	10.47					
2-19	10.48	10.48.43	903	15		PROVA
2-20	10.51					
2-21						
2-22	10.54	10.55.35	1043			
2-23	10.56					
2-24						
2-25						
2-26						
2-27						
2-28	11.05	11.06.36	1263			
2-29						
2-30						
2-31						
2-32	11.12	11.13.35	1403			
2-33						
2-34						
2-35	11.18	11.18.35	1503	15		

NOTE: 1'47" per piastrella

Tab. 6.17-d – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: DEG			Grammatura teorica: 0.25	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	80.0	0.290
1-1	5.0	0	80.0	0.292
2-0	5.0	0	82.0	0.289
3-0	5.0	0	85.0	0.282
4-0	5.0	0	90.0	0.258
4-1	5.0	0	90.0	0.266
Note:				

Tab. 6.17-e – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche									
		Scheda rilievo dati									
Prova (n°): 21	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:				
Additivo chimico:	DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				300°C (bis)				
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]	ΔP (P _{cotto} - P _{secco}) (g)	residuo	
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]				additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
2-1	99.9	99.9	147.109	147.354	0.245	24.5		147.094	-0.015	0.000	0
2-2	99.9	99.9	146.189	146.440	0.251	25.2		146.171	-0.018	0.000	0
2-3	99.9	99.9	146.837	147.082	0.245	24.5		146.823	-0.014	0.000	0
2-4	99.9	99.9	144.491	144.746	0.255	25.6		144.477	-0.014	0.000	0
2-5	99.9	99.9	143.644	143.887	0.243	24.3		143.626	-0.018	0.000	0
2-6	99.9	99.9	144.283	144.518	0.235	23.5		144.266	-0.017	0.000	0
2-7	99.9	99.9	151.003	151.243	0.240	24.0		150.998	-0.005	0.000	0
2-8	99.9	99.9	147.550	147.797	0.247	24.7		147.543	-0.007	0.000	0
2-9	99.9	99.9	146.670	146.925	0.255	25.6		146.669	-0.001	0.000	0
2-10	99.9	99.9	146.506	146.758	0.252	25.3		146.504	-0.002	0.000	0
2-11	99.9	99.9	147.157	147.396	0.239	23.9		147.152	-0.005	0.000	0
2-12	99.9	99.9	148.485	148.724	0.239	23.9		148.476	-0.009	0.000	0
2-13	99.9	99.9	147.422	147.663	0.241	24.1		147.421	-0.001	0.000	0
2-14	99.9	99.9	149.364	149.599	0.235	23.5		149.358	-0.006	0.000	0
2-15	99.9	99.9	146.561	146.813	0.252	25.3		146.560	-0.001	0.000	0
2-16	99.9	99.9	144.657	144.905	0.248	24.8		144.651	-0.006	0.000	0
2-17	99.9	99.9	147.725	147.970	0.245	24.5		147.718	-0.007	0.000	0
2-18	99.9	99.9	149.774	150.023	0.249	24.9		149.765	-0.009	0.000	0
2-19	99.9	99.9	146.707	146.962	0.255	25.6		146.699	-0.008	0.000	0
2-20	99.9	99.9	146.673	146.915	0.242	24.2		146.665	-0.008	0.000	0
2-21	99.9	99.9	145.167	145.413	0.246	24.6		145.161	-0.006	0.000	0
2-22	99.9	99.9	147.198	147.436	0.238	23.8		147.192	-0.006	0.000	0
2-23	99.9	99.9	145.794	146.040	0.246	24.6		145.795	0.001	0.001	0.41
2-24	99.9	99.9	145.849	146.096	0.247	24.7		145.858	0.009	0.009	3.64
2-25	99.9	99.9	146.662	146.897	0.235	23.5		146.668	0.006	0.006	2.55
2-26	99.9	99.9	149.703	149.959	0.256	25.7		149.704	0.001	0.001	0.39
2-27	99.9	99.9	148.123	148.373	0.250	25.1		148.125	0.002	0.002	0.8
2-28	99.9	99.9	147.900	148.157	0.257	25.8		147.898	-0.002	0.000	0
2-29	99.9	99.9	148.516	148.764	0.248	24.8		148.509	-0.007	0.000	0
2-30	99.9	99.9	148.263	148.527	0.264	26.5		148.269	0.006	0.006	2.27
2-31	99.9	99.9	147.386	147.643	0.257	25.8		147.395	0.009	0.009	3.50
2-32	99.9	99.9	146.842	147.105	0.263	26.4		146.846	0.004	0.004	1.52
2-33	99.9	99.9	147.353	147.629	0.276	27.7		147.353	0.000	0.000	0
2-34	99.9	99.9	147.766	148.037	0.271	27.2		147.769	0.003	0.003	1.11
2-35	99.9	99.9	146.715	146.986	0.271	27.2		146.726	0.011	0.011	4.06
2-36	99.9	99.9	147.405	147.679	0.274	27.5		147.412	0.007	0.007	2.55
2-37	99.9	99.9	151.016	151.273	0.257	25.8		151.015	-0.001	0.000	0
2-38	99.9	99.9	148.320	148.590	0.270	27.1		148.317	-0.003	0.000	0
Media (intervallo)											
-											
DEG-300°C											

Note: Grammatura media piastrella X-Y [g/m²] = 25.7 1.1916 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.256 0.0119

Tab. 6.17-f – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 21	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2			300°C (bis)	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61 mm/min		Velocità impostata rulli: 180 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
2-1	12.03					
2-2						
2-3						
2-4						
2-5						
2-6						
2-7						
2-8						
2-9						
2-10						
2-11						
2-12						
2-13						
2-14						
2-15						
2-16						
2-17						
2-18						
2-19		12.34.00	50,404	8	0	PROVA
2-20						
2-21						
2-22						
2-23						
2-24						
2-25		12.45.00	50,581	8	0	
2-26						
2-27						
2-28						
2-29						
2-30	12.52	12.54.00	50,725			
2-31						
2-32						
2-33						
2-34						
2-35		13.04.00	50,885	8	0	

NOTE: 1'37" per piastrella

Tab. 6.17-g – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna			Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC									
Prova (n°): 21			Additivo chimico: DEG				Temperatura cottura: 300°C (bis)					
Inizio ore: 12.35			Fondo scala (*): 5.5				Fine ore: 13.05		[mg/m³]			
12.8	12.4	12.2	12.4	13.1	13.1	13	12.6	12.4	12	12	11.8	
12.1	13	13.2	12.7	12.5	12.3	12.1	12.1	12.6	12.8	12.9	12.5	
12	12.1	12.1	12.4	12.6	12.9	13.1	13.4	13.9	13.8	14.3	14.1	
14.2	14.3	14.5	15.1	15.4	15.5	15.1	14.9	15.3	15.1	16.4	16.4	
16	15.5	15.2	16.2	16.1	16.5	34.3	16.2	17	18	18.1	17.9	
18	17.8	17.1	17.1	18.3	18.1	18	17.7	17.2	17	16.9	17.5	
17.7	18	18.1	17.7	17.8	18.3	19.5	19.5	20.2	20.4	20	18.8	
18.1	19.2	19	18.8	19.5								
Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente.												
Valore medio:			15.4 mg/m ³									

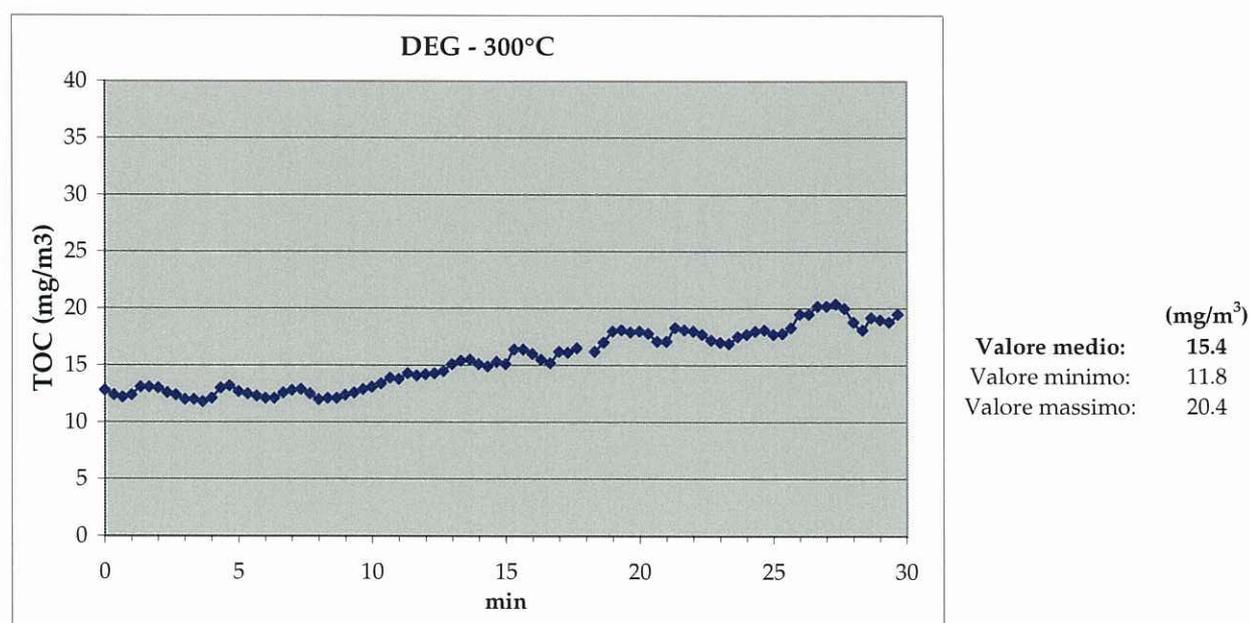


Fig. 6.3 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.17-h – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche		
		Regolazione della linea		
Additivo applicato	DEG		Grammatura teorica:	0.25
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
3-16-2	5.0	0	80.00	0.270
Note: 3-16-2 = DEG, piastrella 16.				

Tab. 6.17-i – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna	Progetto SOV Piastrelle Ceramiche							
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 05	Temperatura ambiente (°C): 17		Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:			
Additivo chimico:	DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		500°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
2-1	99.9	99.9	147.669	147.945	0.276	27.7	(*)	
2-2	99.9	99.9	146.318	146.572	0.254	25.5		
2-3	99.9	99.9	145.269	145.578	0.309	31.0		
2-4	99.9	99.9	144.669	144.965	0.296	29.7		
2-5	99.9	99.9	144.036	144.324	0.288	28.9		
2-6	99.9	99.9	143.270	143.589	0.319	32.0		
2-7	99.9	99.9	147.841	148.117	0.276	27.7		
2-8	99.9	99.9	145.197	145.499	0.302	30.3		
2-9	99.9	99.9	145.566	145.842	0.276	27.7		
2-10	99.9	99.9	145.468	145.735	0.267	26.8		
2-11	99.9	99.9	149.941	150.217	0.276	27.7		
2-12	99.9	99.9	147.784	148.076	0.292	29.3		
2-13	99.9	99.9	145.549	145.850	0.301	30.2		
2-14	99.9	99.9	147.295	147.597	0.302	30.3		
2-15	99.9	99.9	145.095	145.368	0.273	27.4		n.r.
2-16	99.9	99.9	142.424	142.694	0.270	27.1		142.382
2-17	99.9	99.9	141.891	142.163	0.272	27.3		141.851
2-18	99.9	99.9	145.287	145.553	0.266	26.7		145.247
2-19	99.9	99.9	144.893	145.167	0.274	27.5		144.851
2-20	99.9	99.9	144.700	144.959	0.259	26.0		144.668
2-21	99.9	99.9	146.729	146.991	0.262	26.3		146.696
2-22	99.9	99.9	147.945	148.205	0.260	26.1		147.908
2-23	99.9	99.9	146.687	146.955	0.268	26.9		146.650
2-24	99.9	99.9	143.258	143.517	0.259	26.0		143.220
2-25	99.9	99.9	146.542	146.787	0.245	24.5		146.507
Note:								
Grammatura media piastrella 15-25 [g/m ²] = 26.5								0.8166 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.264								0.0081

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl. x 100 (%)
-0.042	0.000	0.0
-0.040	0.000	0.0
-0.040	0.000	0.0
-0.042	0.000	0.0
-0.032	0.000	0.0
-0.033	0.000	0.0
-0.037	0.000	0.0
-0.037	0.000	0.0
-0.038	0.000	0.0
-0.035	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.038	0.000	0.0
DEG-500°C		

Tab. 6.17-j – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 05	Temperatura ambiente (°C): 17		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		500°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 118 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
2-13						
2-14	11.06	11.07.50	1964	14		
2-15	11.09	11.12.10	2050			PROVA
2-16	11.12	11.14.15	2091			
2-17	11.15	11.15.30	2117			
2-18	11.18	11.18.30	2176			
2-19	11.20	11.20.45	2221			
2-20	11.22	11.23.30	2276			
2-21	11.25	11.25.45	2321			
2-22	11.28	11.29.35	2397			
2-23	11.30	11.30.50	2422	15		
2-24	11.32	11.33.30	2475	15		
2-25	11.35	11.36.30	2535	15		
	(fine)	11.37.50	2561	15		

NOTE: 2'35" per piastrella

Tab. 6.17-k – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	DEG		Grammatura teorica:	0.25
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
2-8	4.9	0	80.00	0.249
2-12	5.0	0	80.00	0.270
Note:				

Tab. 6.17-1 – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 06	Temperatura ambiente (°C): 18			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				700°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
2-1	99.9	99.9	146.368	146.640	0.272	27.3		146.288
2-2	99.9	99.9	145.863	146.138	0.275	27.6		145.795
2-3	99.9	99.9	145.563	145.838	0.275	27.6		145.483
2-4	99.9	99.9	147.211	147.461	0.250	25.1		147.138
2-5	99.9	99.9	145.426	145.698	0.272	27.3		145.347
2-6	99.9	99.9	145.262	145.545	0.283	28.4		145.182
2-7	99.9	99.9	145.747	146.011	0.264	26.5		145.668
2-8	99.9	99.9	143.905	144.154	0.249	24.9		143.828
2-9	99.9	99.9	145.854	146.101	0.247	24.7		145.787
2-10	99.9	99.9	147.052	147.315	0.263	26.4		146.998
2-11	99.9	99.9	145.928	146.195	0.267	26.8		145.848
2-12	99.9	99.9	144.512	144.782	0.270	27.1		144.438
2-13	99.9	99.9	146.168	146.411	0.243	24.3		146.087
2-14	99.9	99.9	145.770	146.022	0.252	25.3		145.691
2-15	99.9	99.9	147.563	147.818	0.255	25.6		147.471
2-16	99.9	99.9	145.621	145.872	0.251	25.2		145.566
2-17	99.9	99.9	146.969	147.217	0.248	24.8		146.906
2-18	99.9	99.9	148.052	148.286	0.234	23.4		147.978
2-19	99.9	99.9	148.679	148.925	0.246	24.6		148.615
2-20	99.9	99.9	147.460	147.738	0.278	27.9		147.395
2-21	99.9	99.9	146.087	146.342	0.255	25.6		146.020
Note: Grammatura media piastrella 14-21 [g/m ²] = 25.3 1.1588 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.252 0.0116								

ΔP (P _{cotto} - P _{secco}) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.080	0.000	0.0
-0.068	0.000	0.0
-0.080	0.000	0.0
-0.073	0.000	0.0
-0.079	0.000	0.0
-0.080	0.000	0.0
-0.079	0.000	0.0
-0.077	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.054	0.000	0.0
-0.080	0.000	0.0
-0.074	0.000	0.0
-0.081	0.000	0.0
-0.079	0.000	0.0
-0.092	0.000	0.0
-0.055	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.074	0.000	0.0
-0.064	0.000	0.0
-0.065	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.070	0.000	0.0
DEG-700°C		

Tab.6.17-m – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 06	Temperatura ambiente (°C): 18		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DEG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		700°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.5 mm/min			Velocità impostata rulli: 80 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina			Pressione [cmHg]	NOTE
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]		
2-1	13.14					
2-2	13.19					
2-3	13.23					
2-4	13.27					
2-5	13.31					
2-6	13.35					
2-7	13.39	13.41.37	5030	17		
2-8	13.43					
2-9	13.47					
2-10	13.51					
2-11	13.55	13.55.51	5315	18		
2-12	13.59					
2-13	14.02					
2-14	14.06	14.06.56	5536	18		PROVA
2-15	14.10	14.10.37	5610	18		
2-16	14.14	14.14.40	5691	18		
2-17	14.18	14.18.46	5773	18		
2-18	14.21	14.22.22	5845	18		
2-19	14.25	14.26.07	5920	18		
2-20	14.29	14.30.07	6000	18		
2-21	14.33	14.35.55	6116	18		
NOTE: 3'48" per piastrella						

Tab. 6.18-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: MPG			Grammatura teorica: 25	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	85.0	0.280
2-0	5.0	0	87.5	0.286
3-0	5.0	0	91.0	0.270
4-0	5.0	0	95.0	0.265
5-0	5.0	0	98.0	0.240
6-0	5.0	0	97.0	0.245
Note:				

Tab. 6.18-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 26	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	MPG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		300°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
3-1	99.9	99.9	145.444	145.689	0.245	24.5		145.413
3-2	99.9	99.9	148.570	148.819	0.249	24.9		148.528
3-3	99.9	99.9	149.607	149.859	0.252	25.3		149.581
3-4	99.9	99.9	146.235	146.477	0.242	24.2		146.207
3-5	99.9	99.9	146.222	146.464	0.242	24.2		146.195
3-6	99.9	99.9	150.939	151.187	0.248	24.8		150.917
3-7	99.9	99.9	145.704	145.936	0.232	23.2		145.679
3-8	99.9	99.9	146.190	146.428	0.238	23.8		146.164
3-9	99.9	99.9	148.881	149.129	0.248	24.8		148.855
3-10	99.9	99.9	147.254	147.479	0.225	22.5		147.227
3-11	99.9	99.9	147.270	147.523	0.253	25.4		147.243
3-12	99.9	99.9	147.840	148.081	0.241	24.1		147.814
3-13	99.9	99.9	148.940	149.175	0.235	23.5		148.916
3-14	99.9	99.9	149.076	149.306	0.230	23.0		149.051
3-15	99.9	99.9	148.479	148.700	0.221	22.1		148.455
3-16	99.9	99.9	146.025	146.270	0.245	24.5		146.000
3-17	99.9	99.9	151.427	151.667	0.240	24.0		151.402
3-18	99.9	99.9	151.016	151.270	0.254	25.5		150.986
3-19	99.9	99.9	149.085	149.321	0.236	23.6		149.055
3-20	99.9	99.9	149.304	149.538	0.234	23.4		149.265
3-21	99.9	99.9	148.556	148.800	0.244	24.4		148.524
3-22	99.9	99.9	147.435	147.685	0.250	25.1		147.397
3-23	99.9	99.9	145.928	146.176	0.248	24.8		145.891
3-24	99.9	99.9	147.093	147.319	0.226	22.6		147.096
3-25	99.9	99.9	149.761	149.991	0.230	23.0		149.763
3-26	99.9	99.9	147.453	147.685	0.232	23.2		147.458
3-27	99.9	99.9	147.124	147.351	0.227	22.7		147.128
3-28	99.9	99.9	149.787	149.992	0.205	20.5		149.778
3-29	99.9	99.9	148.968	149.192	0.224	22.4		148.965
3-30	99.9	99.9	148.537	148.756	0.219	21.9		148.539
3-31	99.9	99.9	148.232	148.457	0.225	22.5		148.233
3-32	99.9	99.9	147.595	147.831	0.236	23.6		147.599
3-33	99.9	99.9	150.957	151.184	0.227	22.7		150.959
3-34	99.9	99.9	147.294	147.517	0.223	22.3		147.294
3-35	99.9	99.9	149.729	149.982	0.253	25.4		149.725
3-36	99.9	99.9	148.151	148.418	0.267	26.8		148.143
3-37	99.9	99.9	147.753	147.989	0.236	23.6		147.750
3-38	99.9	99.9	150.674	150.919	0.245	24.5		150.665
Note: Grammatura media piastrella 19-38 [g/m ²] = 23.5 1.36 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.234 0.014								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.031	0.000	0.0
-0.042	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.028	0.000	0.0
-0.027	0.000	0.0
-0.022	0.000	0.0
-0.025	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.027	0.000	0.0
-0.027	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.024	0.000	0.0
-0.025	0.000	0.0
-0.024	0.000	0.0
-0.025	0.000	0.0
-0.025	0.000	0.0
-0.030	0.000	0.0
-0.030	0.000	0.0
-0.039	0.000	0.0
-0.032	0.000	0.0
-0.038	0.000	0.0
-0.037	0.000	0.0
0.003	0.003	1.3
0.002	0.002	0.9
0.005	0.005	2.2
0.004	0.004	1.8
-0.009	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
0.002	0.002	0.9
0.001	0.001	0.4
0.004	0.004	1.7
0.002	0.002	0.9
0.000	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.009	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-	0.001	0.5
MPG-300°C		

Tab. 6.18-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 26	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: MPG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		300°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 61 mm/min			Velocità impostata rulli: 180 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	NOTE
3-1	11.01					
3-2						
3-3						
3-4						
3-5	11.07					
3-6						
3-7						
3-8						
3-9	11.14					
3-10						
3-11						
3-12	11.19					
3-13						
3-14						
3-15	11.24					
3-16						
3-17						
3-18						
3-19	11.30	11.30.45	69,759	22	0	PROVA
3-20	11.32					
3-21						
3-22	11.35					
3-23		11.37.20	69,890	22	0	
3-24						
3-25						
3-26						
3-27						
3-28						
3-29		11.47.30	70,095	24	0	
3-30						
3-31	11.50					
3-32						
3-33						
3-34						
3-35	11.56	11.57.30	70,294	24	0	
3-36						
3-37	11.59					
3-38	12.01	12.02.00	70,385	24	0	

NOTE: 1'37" per piastrella
11.21h: forno pieno

Tab. 6.18-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		26		Additivo chimico:			MPG			Temperatura cottura:		300°C			
Inizio ore:		10.56		Fondo scala (*):			0.5			Fine ore:		12.00		[mg/m3]	
10.56/11.01h	F vuoto	1.8	2.1	1.7	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3	1.3				
1.3	1.4	1.4	1.3	1.5											
11.13/11.20h	1/2 forno	22.7	21.1	22.2	24.3	24.3	25.7	24.5	24.7	24.4	24.7				
28.5	28.5	28.1	27.4	26.5	28.6	31.5	31.9	32	30.7	29.7	(F pieno)				
11.26/11.30h	F pieno	34.6	35.2	36	35.1	35.3	37.2	37.8	38.7	37.8	36.6				
36.2	36.7														
11.30/12.00h	Prova	38.5	36.5	35.2	33.5	32.6	31.7	30.9	31.5	31.2	30.7				
29.9	29.3	30.2	31.1	34.2	34.4	34.3	33.8	30.9	33.1	35.0	34.9				
34.7	33.9	35.0	35.4	36.3	39.9	40.9	42.3	40.5	39.3	40.8	44.8				
46.0	43.1	42.5	48.8	48.1	49.0	46.0	43.0	46.2	52.4	53.0	48.0				
45.0	50.0	55.0	57.0	50.0	46.0	43.0	45.0	48.0	50.0	46.0	43.0				
42.0	40.0	36.9	39.1	41.4	43.7	43.3	41.9	43.6	44.2	44.1	41.8				
42.5	40.6	39.3	38.3	42.3	45.9	47.5	45.8	42.6	42.4	44.7	45.4				
46.0	44.9	44.7	47.6	46.6	45.1	42.8	44.1								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		41.2 mg/m3					(tutti i dati sono lordi)								
La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

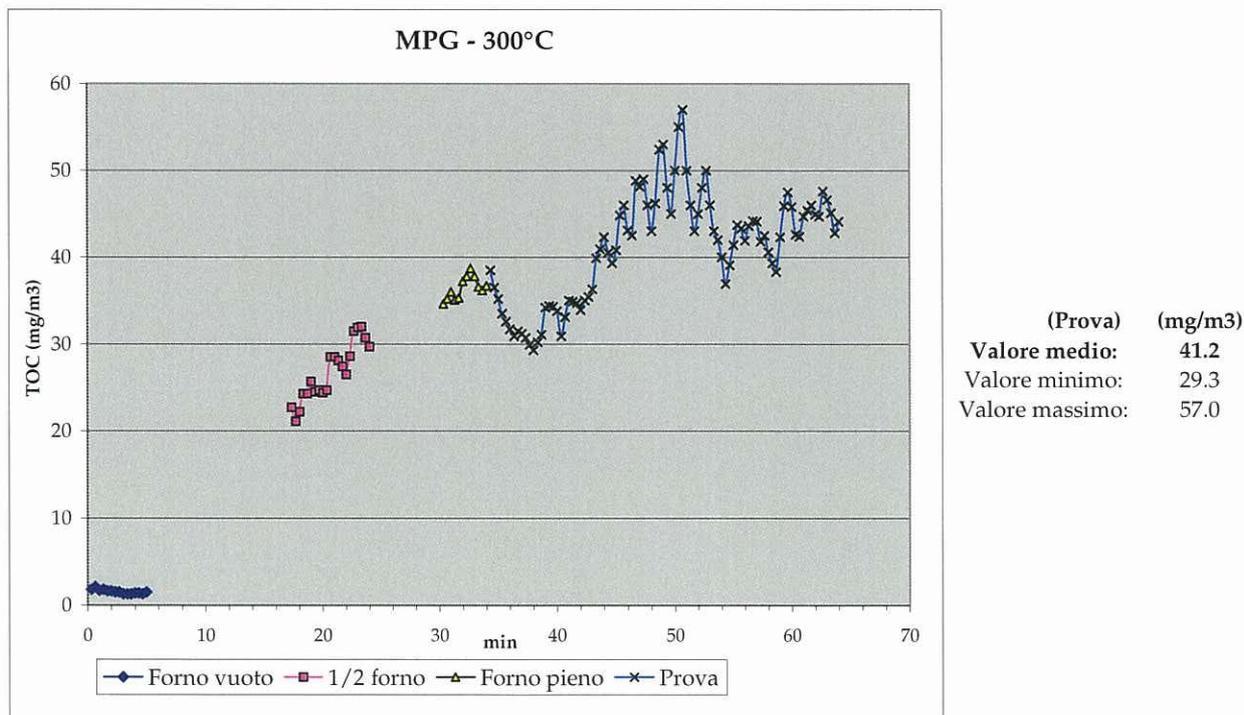


Fig. 6.4 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.18-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: MPG		Grammatura teorica: 25		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
6-1	5.0	0	97.0	0.262
6-2	5.0	0	97.0	0.256
6-3	5.0	0	97.0	0.270
6-4	5.0	0	97.0	0.259
7-0	5.0	0	92.0	0.248
Note:				

Tab. 6.18-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 27	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	MPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				700°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-3-1	99.9	99.9	149.995	150.257	0.262	26.3		149.912
-3-2	99.9	99.9	148.873	149.129	0.256	25.7		148.792
-3-3	99.9	99.9	147.180	147.450	0.270	27.1		147.098
-3-4	99.9	99.9	148.634	148.893	0.259	26.0		148.553
-3-5	99.9	99.9	147.548	147.814	0.266	26.7		147.471
-3-6	99.9	99.9	149.712	149.972	0.260	26.1		149.634
-3-7	99.9	99.9	148.138	148.429	0.291	29.2		148.058
-3-8*	99.9	99.9	148.248	148.496	0.248	24.8		148.164
-3-9	99.9	99.9	146.045	146.277	0.232	23.2		145.967
-3-10	99.9	99.9	147.607	147.862	0.255	25.6		147.529
-3-11	99.9	99.9	147.031	147.303	0.272	27.3		146.947
-3-12	99.9	99.9	147.176	147.442	0.266	26.7		147.092
-3-13	99.9	99.9	149.906	150.167	0.261	26.2		149.819
-3-14	99.9	99.9	151.707	151.967	0.260	26.1		151.620
-3-15	99.9	99.9	147.388	147.654	0.266	26.7		147.308
-3-16	99.9	99.9	148.638	148.905	0.267	26.8		148.555
-3-17	99.9	99.9	149.021	149.283	0.262	26.3		148.934
-3-18	99.9	99.9	147.305	147.551	0.246	24.6		147.218
-3-19	99.9	99.9	150.134	150.376	0.242	24.2		150.046
-3-20	99.9	99.9	148.685	148.930	0.245	24.5		148.592
-3-21	99.9	99.9	146.508	146.754	0.246	24.6		146.405
-3-22	99.9	99.9	149.869	150.134	0.265	26.6		149.768
-3-23	99.9	99.9	147.051	147.286	0.235	23.5		146.953
Note: Grammatura media piastrella 14-22 [g/m ²] = 25.6 0.98 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.255 0.010								
* freq=92Hz								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo additivo residuo (residuo) / gram appl x 100 (%)	
-0.083	0.000	0
-0.081	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.081	0.000	0
-0.077	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.080	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.087	0.000	0
-0.087	0.000	0
-0.080	0.000	0
-0.083	0.000	0
-0.087	0.000	0
-0.087	0.000	0
-0.088	0.000	0
-0.093	0.000	0
-0.103	0.000	0
-0.101	0.000	0
-0.098	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.090	0.000	0.0
MPG-700°C		

Tab. 6.18-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 27	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: MPG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		700°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.8 mm/min			Velocità impostata rulli: 80 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-3-1	14.05					
-3-2						
-3-3						
-3-4						
-3-5	14.20					
-3-6						
-3-7						
-3-8						
-3-9	14.34					
-3-10						
-3-11						
-3-12						
-3-13	14.48					
-3-14	14.52	14.53.30	74,654	24	-2.5	PROVA
-3-15						
-3-16						
-3-17	15.03					
-3-18	15.07	15.08.30	75,038	26	-2.5	
-3-19						
-3-20						
-3-21						
-3-22	15.21	15.24.30	75,451	28	-2.5	
NOTE: 3'41" per piastrella						

Tab. 6.18-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		27		Additivo chimico:			MPG			Temperatura cottura:			700°C		
Inizio ore:		13.50		Fondo scala (*):			0.0			Fine ore:		15.23		[mg/m ³]	
13.50/13.55h	F vuoto	8.2	7.9	7.7	7.8	7.9	8.1	7.8	7.6	7.9	7.8				
	7.6	7.2	7.1	7.4	7.8										
14.33/14.45h	1/2 forno	117	114	111	115	112	119	118	113	111	109				
	110	113	109	113	110	109	106	102	98	97	98				
	100	93	95	96	99	98	102	105	106	104	101				
	98	101	104												
14.51/14.53h	F pieno	114	112	110	99	97	97								
14.53/15.23h	Prova	97	99	93	97	99	101	95	97	98	95				
	96	94	93	93	94	98	99	91	92	95	97				
	102	99	101	101	100	95	93	94	96	100	99				
	98	100	104	101	102	101	94	93	91	93	95				
	97	97	99	98	95	88	86	87	90	91	90				
	89	88	87	83	83	83	85	86	85	90	90				
	84	87	90	86	87	88	90	90	91	92	93				
	93	87	85	84	88	91	92								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova: 93.1 mg/m ³													
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

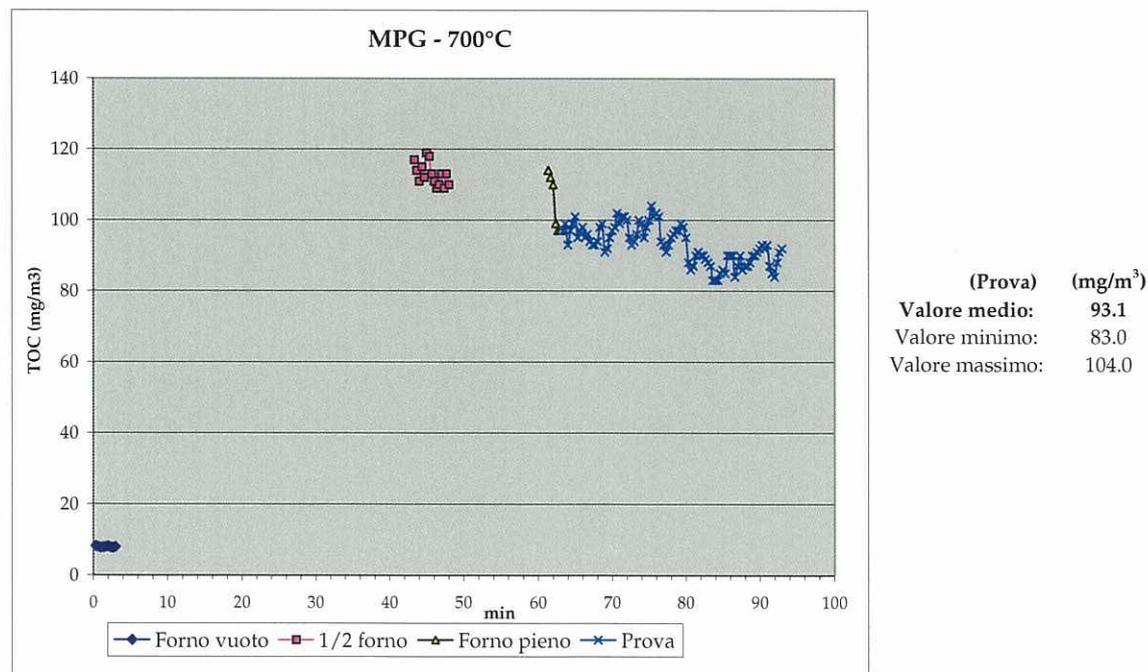


Fig. 6.5 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.19-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche		
		Regolazione della linea		
Additivo applicato: DPG		Grammatura teorica: 0.25		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	80	0.168
1-1	5.0	0	80	0.224
1-2	5.0	0	80	0.298
2-0	5.0	0	90	0.277
3-0	5.0	0	95	0.272
4-0	5.0	0	100	0.268
5-0	5.0	0	105	0.254
5-1	5.0	0	105	0.272
5-2	5.0	0	105	0.265
5-3	5.0	0	105	0.248
6-0	5.0	0	100	0.252
7-0	5.0	0	95	0.252
Note:				

Tab. 6.19-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 28	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	DPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
4-1	99.9	99.9	150.722	150.970	0.248	24.8		150.730
4-2	99.9	99.9	146.994	147.230	0.236	23.6		146.999
4-3	99.9	99.9	149.191	149.428	0.237	23.7		149.197
4-4	99.9	99.9	145.790	146.031	0.241	24.1		145.793
4-5	99.9	99.9	146.385	146.618	0.233	23.3		146.392
4-6	99.9	99.9	148.689	148.946	0.257	25.8		148.692
4-7	99.9	99.9	147.078	147.313	0.235	23.5		147.081
4-8	99.9	99.9	150.767	151.011	0.244	24.4		150.769
4-9	99.9	99.9	148.565	148.799	0.234	23.4		148.565
4-10	99.9	99.9	148.072	148.281	0.209	20.9		148.070
4-11	99.9	99.9	149.885	150.124	0.239	23.9		149.888
4-12	99.9	99.9	148.818	149.059	0.241	24.1		148.827
4-13	99.9	99.9	150.653	150.895	0.242	24.2		150.664
4-14	99.9	99.9	148.214	148.455	0.241	24.1		148.220
4-15	99.9	99.9	149.111	149.349	0.238	23.8		149.109
4-16	99.9	99.9	149.108	149.335	0.227	22.7		149.117
4-17	99.9	99.9	149.868	150.096	0.228	22.8		149.866
4-18	99.9	99.9	148.610	148.841	0.231	23.1		148.610
4-19	99.9	99.9	148.038	148.277	0.239	23.9		148.039
4-20	99.9	99.9	149.524	149.760	0.236	23.6		149.521
4-21	99.9	99.9	149.512	149.732	0.220	22.0		149.522
4-22	99.9	99.9	147.798	148.038	0.240	24.0		147.803
4-23	99.9	99.9	148.616	148.851	0.235	23.5		148.621
4-24	99.9	99.9	149.085	149.312	0.227	22.7		149.090
4-25	99.9	99.9	147.404	147.634	0.230	23.0		147.400
4-26	99.9	99.9	147.175	147.419	0.244	24.4		147.173
4-27	99.9	99.9	147.645	147.892	0.247	24.7		147.644
4-28	99.9	99.9	149.935	150.163	0.228	22.8		149.934
4-29	99.9	99.9	147.334	147.594	0.260	26.1		147.331
4-30	99.9	99.9	148.266	148.512	0.246	24.6		148.258
4-31	99.9	99.9	147.735	147.974	0.239	23.9		147.735
4-32	99.9	99.9	149.211	149.459	0.248	24.8		149.215
4-33	99.9	99.9	147.914	148.172	0.258	25.9		147.918
4-34	99.9	99.9	148.293	148.530	0.237	23.7		148.296
4-35	99.9	99.9	148.761	149.016	0.255	25.6		148.763
4-36	99.9	99.9	147.058	147.298	0.240	24.0		147.058
Note:	Grammatura media piastrella 18-36 [g/m ²] = 24.0		1.04		(deviazione standard popolazione)			
			[g/pz] = 0.240		0.010			

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
0.008	0.008	3.2
0.005	0.005	2.1
0.006	0.006	2.5
0.003	0.003	1.2
0.007	0.007	3.0
0.003	0.003	1.2
0.003	0.003	1.3
0.002	0.002	0.8
0.000	0.000	0.0
-0.002	0.000	0.0
0.003	0.003	1.3
0.009	0.009	3.7
0.011	0.011	4.5
0.006	0.006	2.5
-0.002	0.000	0.0
0.009	0.009	4.0
-0.002	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.001	0.001	0.4
-0.003	0.000	0.0
0.010	0.010	4.5
0.005	0.005	2.1
0.005	0.005	2.1
0.005	0.005	2.2
-0.004	0.000	0.0
-0.002	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.004	0.004	1.6
0.004	0.004	1.6
0.003	0.003	1.3
0.002	0.002	0.8
0.000	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-	0.002	0.9
DPG-300°C		

Tab. 6.19-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
		Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 28	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	DPG	Grammatura (teorica): 25 g/m2			300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.6 mm/min		Velocità impostata rulli: 182 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
4-1	10.34					
4-2						
4-3	10.37					
4-4						
4-5						
4-6	10.42					
4-7						
4-8	10.45	(1/2 forno)				
4-9						
4-10						
4-11						
4-12						
4-13						
4-14		(forno pieno)				
4-15						
4-16						
4-17						
4-18	11.00	11.01.00	77,458	26	-2.5	PROVA
4-19	11.02					
4-20	11.04					
4-21	11.06	11.07.00	77,566	26	-2.5	
4-22						
4-23						
4-24	11.11					
4-25						
4-26	11.14	11.14.30	77,699	26	-2.5	
4-27						
4-28	11.17					
4-29	11.19					
4-30	11.20					
4-31	11.22	11.22.30	77,843	26	-2.5	
4-32						
4-33	11.25					
4-34						
4-35						
4-36	11.30	11.31.00	77,997	29	-2.5	

NOTE: 1'36" per piastrella

Tab. 6.19-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		28		Additivo chimico:			DPG			Temperatura cottura:			300°C		
Inizio ore:		10.25		Fondo scala (*):			1.3			Fine ore:		11.28		[mg/m ³]	
10.25/10.30h	F vuoto	1.0	1.1	0.9	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
0.8	0.9	0.8	0.8	0.9											
10.43/10.54h	1/2 forno	10	11.1	11.2	11.9	12.5	13.3	13.5	13.4	13.4	14.7				
15.6	16.3	16.5	18.1	19.7	20.9	20.5	20.6	21	23.9	25.6	25.7				
24.4	23.7	23.4	23.6	26.6	26.4	26.5	26.3	226.4	25.4	26.9	F. pieno				
10.58/11.28h	Prova	27.2	26.4	24.4	27	27.8	27.2	26.6	24.8	23.8	24.4				
25.5	28.2	28.5	26.4	25.4	26.1	25.3	25.6	28.6	30.4	31.9	30.4				
28.4	28.7	29.2	33.5	34.5	32.7	32.5	31.5	30.6	28.9	29.5	32.3				
31.9	31.5	30.5	29.9	29.9	32.2	31.4	33.7	32.9	32.4	31.1	32.3				
32.2	31.6	30.9	30.1	29.4	28.9	31.9	33.1	32.6	31.5	30	31.4				
32.9	32.6	30.3	30.2	29.8	30.2	32.7	34.1	34.7	33.4	32.8	31.5				
33.8	36	35.8	36.4	33.9	32.7	32.4	35.2	36.4	35	33.7	32.2				
31.5	30.6	31.8	35.9	36	35.7	34.4	32.9								
Note:	(*) misura effettuata con l'aria ambiente.														
	Valore medio/prova:				30.9 mg/m ³				(tutti i dati sono lordi)						
	La lettura del TOC avviene ogni 20s.														

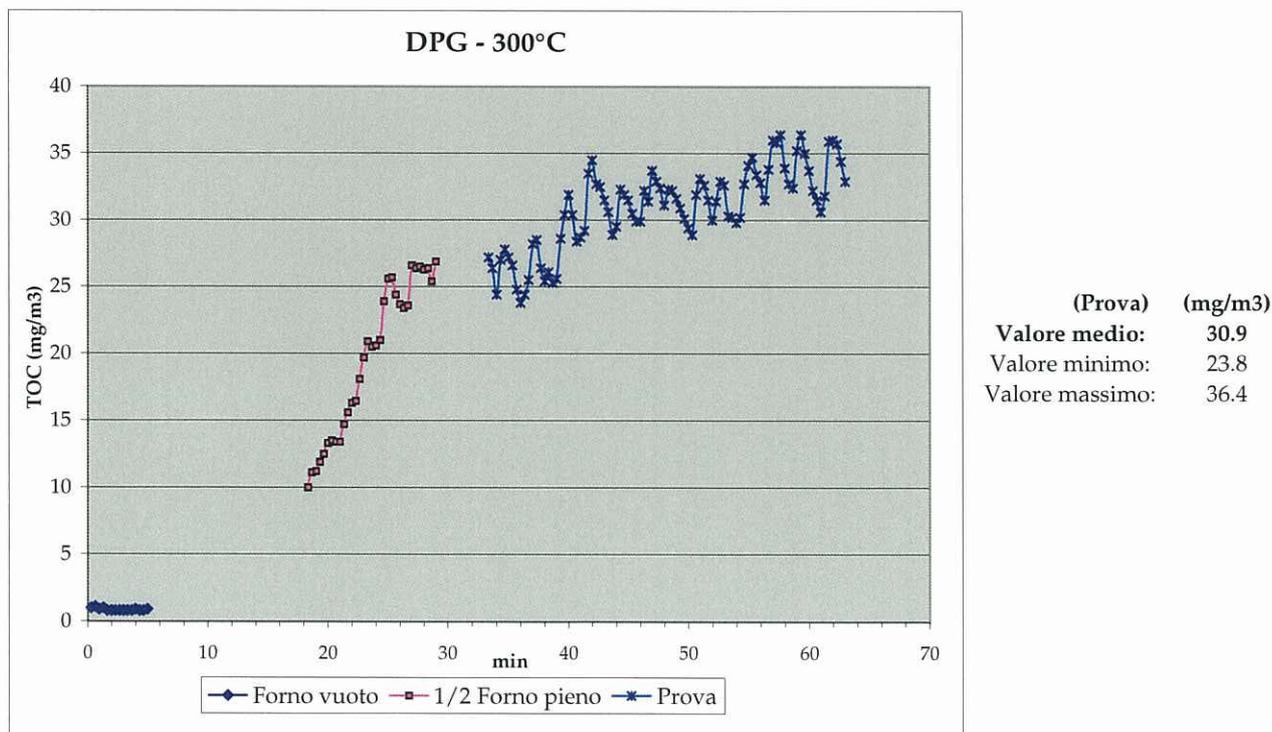


Fig. 6.6 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo

Tab. 6.19-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: DPG		Grammatura teorica: 0.25		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5	0	80	0.314
2-0	5	0	90	0.307
3-0	6.5	0	110*	0.290
4-0	7.5**	0	110*	0.277
Note: (*) Frequenza massima ammissibile (sistema blocca).				
(**) Pressione massima della pompa 7,5 bar.				

Tab. 6.19-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 17	Temperatura ambiente (°C): 16		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	DPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			500°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
4-1	99.9	99.9	148.903	149.278	0.375	37.6		148.829
4-2	99.9	99.9	146.965	147.255	0.290	29.1		146.906
4-3	99.9	99.9	148.838	149.127	0.289	29.0		148.780
4-4	99.9	99.9	149.633	149.910	0.277	27.8		149.572
4-5	99.9	99.9	147.755	148.033	0.278	27.9		147.697
4-6	99.9	99.9	150.782	151.061	0.279	28.0		150.718
4-7	99.9	99.9	149.489	149.776	0.287	28.8		149.420
4-8	99.9	99.9	147.254	147.541	0.287	28.8		147.192
4-9	99.9	99.9	148.391	148.680	0.289	29.0		148.325
4-10	99.9	99.9	148.629	148.921	0.292	29.3		148.568
4-11	99.9	99.9	149.102	149.383	0.281	28.2		149.040
4-12	99.9	99.9	146.991	147.288	0.297	29.8		146.926
4-13	99.9	99.9	147.613	147.918	0.305	30.6		147.558
4-14	99.9	99.9	148.364	148.648	0.284	28.5		148.301
4-15	99.9	99.9	146.887	147.166	0.279	28.0		146.826
4-16	99.9	99.9	146.977	147.253	0.276	27.7		146.906
4-17	99.9	99.9	148.641	148.916	0.275	27.6		148.580
4-18	99.9	99.9	147.136	147.418	0.282	28.3		147.071
4-19	99.9	99.9	147.899	148.153	0.254	25.5		147.834
4-20	99.9	99.9	146.930	147.212	0.282	28.3		146.857
4-21	99.9	99.9	148.729	149.011	0.282	28.3		148.661
4-22	99.9	99.9	146.629	146.915	0.286	28.7		146.555
4-23	99.9	99.9	147.181	147.444	0.263	26.4		147.103
4-24	99.9	99.9	145.868	146.142	0.274	27.5		145.803
4-25	99.9	99.9	147.525	147.796	0.271	27.2		147.468
Note:	Grammatura media piastrella 14-25 [g/m ²] = 27.6		0.897		(deviazione standard popolazione)			
	[g/pz] = 0.276		0.009					

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.074	0.000	0
-0.059	0.000	0
-0.058	0.000	0
-0.061	0.000	0
-0.058	0.000	0
-0.064	0.000	0
-0.069	0.000	0
-0.062	0.000	0
-0.066	0.000	0
-0.061	0.000	0
-0.062	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.055	0.000	0
-0.063	0.000	0
-0.061	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.061	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.068	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.057	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.067	0.000	0.0
DPG-500°C		

Tab. 6.19-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 17	Temperatura ambiente (°C): 16		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	DPG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		500°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 111 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
4-1	15.40					
4-2						
4-3						
4-4						
4-5						
4-6						
4-7						
4-8						
4-9						
4-10						
4-11						
4-12						
4-13						
4-14	16.16	16.16.30	40215	16		PROVA
4-15						
4-16						
4-17						
4-18						
4-19						
4-20	16.32					
4-21						
4-22						
4-23						
4-24						
4-25	16.46	16.46.30	40825			

NOTE: 2'44" per piastrella

Tab. 6.19-h – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: DPG		Grammatura teorica: 0.25		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
8-0	5	0	95	0.261
9-0	5	0	92	0.259
Note:				

Tab. 6.19-i – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 29	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	DPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				700°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-4-1	99.9	99.9	149.431	149.667	0.236	23.6		149.383
-4-2	99.9	99.9	149.652	149.900	0.248	24.8		149.605
-4-3	99.9	99.9	147.693	147.967	0.274	27.5		147.642
-4-4	99.9	99.9	146.606	146.857	0.251	25.2		146.559
-4-5	99.9	99.9	147.783	148.033	0.250	25.1		147.735
-4-6	99.9	99.9	149.409	149.662	0.253	25.4		149.364
-4-7	99.9	99.9	150.129	150.360	0.231	23.1		150.079
-4-8	99.9	99.9	147.930	148.158	0.228	22.8		147.874
-4-9	99.9	99.9	149.891	150.131	0.240	24.0		149.843
-4-10	99.9	99.9	148.276	148.513	0.237	23.7		148.226
-4-11	99.9	99.9	147.940	148.199	0.259	26.0		147.886
-4-12	99.9	99.9	147.254	147.502	0.248	24.8		147.208
-4-13	99.9	99.9	147.561	147.816	0.255	25.6		147.507
-4-14	99.9	99.9	147.668	147.902	0.234	23.4		147.616
-4-15	99.9	99.9	148.308	148.552	0.244	24.4		148.257
-4-16	99.9	99.9	150.998	151.238	0.240	24.0		150.940
-4-17	99.9	99.9	151.349	151.593	0.244	24.4		151.297
-4-18	99.9	99.9	148.153	148.408	0.255	25.6		148.102
-4-19	99.9	99.9	147.887	148.141	0.254	25.5		147.832
-4-20	99.9	99.9	147.852	148.114	0.262	26.3		147.787
-4-21	99.9	99.9	148.430	148.689	0.259	26.0		148.366
-4-22	99.9	99.9	148.278	148.532	0.254	25.5		148.220
-4-23	99.9	99.9	147.541	147.807	0.266	26.7		147.466
-4-24	99.9	99.9	149.994	150.264	0.270	27.1		149.932
Note: Grammatura media piastrella 15-23 [g/m ²] = 25.4 0.83 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.253 0.008								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo additivo residuo (residuo) / gram appl x 100 (%)	
	(g)	(%)
-0.048	0.000	0
-0.047	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.047	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.045	0.000	0
-0.050	0.000	0
-0.056	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.050	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.046	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.058	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.055	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.064	0.000	0
-0.058	0.000	0
-0.075	0.000	0
-0.062	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.059	0.000	0.0
DPG-700°C		

Tab. 6.19-j – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 29	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.8 mm/min		Velocità impostata rulli: 80 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-4-1	13.56					
-4-2	13.59					
-4-3	14.03					
-4-4						
-4-5						
-4-6	14.14					
-4-7		(1/2 forno)				
-4-8						
-4-9	14.25					
-4-10						
-4-11						
-4-12						
-4-13	14.40	(forno pieno)				
-4-14						
-4-15	14.47	14.47.30	81,762	28	-2.5	PROVA
-4-16	14.51					
-4-17						
-4-18	14.58	14.58.30	81,986	28	-2.5	
-4-19						
-4-20	15.05					
-4-21						
-4-22	15.12					
-4-23	15.16	15.17.30	82,376	28	-2.5	
NOTE:		3'41" per piastrella				

Tab. 6.19-k – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		29		Additivo chimico:				DPG		Temperatura cottura:		700°C			
Inizio ore:		13.43		Fondo scala (*):				0.8		Fine ore:		15.15		[mg/m3]	
13.43/13.48h	F vuoto	9.9	10.1	10	9.9	9.7	9.9	10	9.7	9.9	10.3				
9.8	10.2	10.2	10.2	10.1											
14.19/14.24h	1/2 forno	157	160	166	163	172	165	157	159	160	155				
147	143	140	143	142	152	(tolta sonda dal camino - off normal)									
14.39/14.45h	F pieno	165	159	153	150	153	153	150	148	144	143				
152	151	144	140	139	140	141	140								
14.45/15.15h	Prova	135	128	126	135	136	133	133	133	135	137				
134	132	130	147	139	132	129	130	129	132	130	128				
125	126	128	132	129	128	125	130	132	130	125	125				
124	136	131	126	125	125	128	125	127	125	123	124				
123	129	130	128	125	127	128	131	131	131	128	127				
127	141	134	131	128	125	127	133	130	122	124	126				
137	133	129	128	125	129	128	129	125	128	137	134				
129	128	126	129	133	134	125	125								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova:				129.5 mg/m3		(tutti i dati sono lordi)							
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

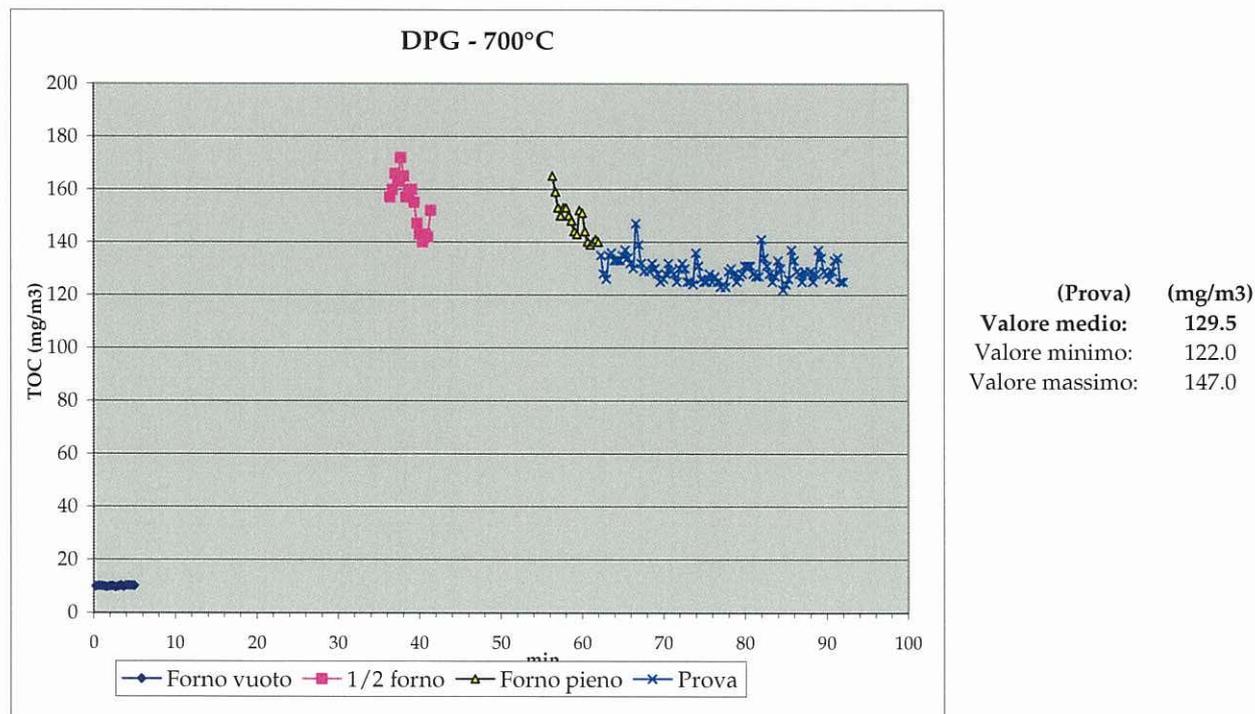


Fig. 6.7 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo

Tab. 6.20-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche		
		Regolazione della linea		
Additivo applicato: NPG		Grammatura effettiva da applicare: 0,5*g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	4.0	0	30.0	0.373
2-0	5.0	0	30.0	0.532
3-0	5.0	0	35.0	0.540
4-0	5.0	0	40.0	0.409
5-0	5.0	0	38.0	0.428
6-0	5.0	0	35.0	0.516
6-1	5.0	0	35.0	0.499
6-2	5.0	0	35.0	0.504
6-3	5.0	0	35.0	0.490
7-0	5.0	0	38.0	0.520
7-1	5.0	0	38.0	0.487
8-0	5.0	0	37.0	0.464
8-1	5.0	0	37.0	0.445
9-0	5.0	0	36.0	0.526
9-1	5.0	0	36.0	0.505
Note: * in soluzione al 50% in H2O.				

Tab. 6.20-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 30	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	NPG*		Grammatura (teorica): 25 g/m2				300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
5-1	99.9	99.9	147.495	148.003	0.508	50.9		147.489
5-2	99.9	99.9	149.407	149.908	0.501	50.2		149.408
5-3	99.9	99.9	150.258	150.748	0.490	49.1		150.258
5-4	99.9	99.9	148.559	149.054	0.495	49.6		148.561
5-5	99.9	99.9	147.010	147.529	0.519	52.0		147.010
5-6	99.9	99.9	147.923	148.402	0.479	48.0		147.920
5-7	99.9	99.9	149.710	150.213	0.503	50.4		149.711
5-8	99.9	99.9	147.463	147.971	0.508	50.9		147.465
5-9	99.9	99.9	148.654	149.174	0.520	52.1		148.654
5-10	99.9	99.9	147.582	148.128	0.546	54.7		147.579
5-11	99.9	99.9	149.509	150.009	0.500	50.1		149.504
5-12	99.9	99.9	147.469	147.941	0.472	47.3		147.468
5-13	99.9	99.9	148.469	149.007	0.538	53.9		148.469
5-14	99.9	99.9	148.985	149.465	0.480	48.1		148.987
5-15	99.9	99.9	148.826	149.333	0.507	50.8		148.827
5-16	99.9	99.9	147.444	147.951	0.507	50.8		147.442
5-17	99.9	99.9	150.544	151.049	0.505	50.6		150.537
5-18	99.9	99.9	146.705	147.240	0.535	53.6		146.701
5-19	99.9	99.9	147.706	148.241	0.535	53.6		147.699
5-20	99.9	99.9	147.136	147.644	0.508	50.9		147.125
5-21	99.9	99.9	148.249	148.765	0.516	51.7		148.242
5-22	99.9	99.9	148.148	148.737	0.589	59.0		148.142
5-23	99.9	99.9	149.307	149.842	0.535	53.6		149.293
5-24	99.9	99.9	148.992	149.537	0.545	54.6		148.980
5-25	99.9	99.9	147.777	148.325	0.548	54.9		147.770
5-26	99.9	99.9	146.535	147.101	0.566	56.7		146.523
5-27	99.9	99.9	149.866	150.368	0.502	50.3		149.854
5-28	99.9	99.9	149.111	149.596	0.485	48.6		149.101
5-29	99.9	99.9	147.707	148.187	0.480	48.1		147.698
5-30	99.9	99.9	148.025	148.498	0.473	47.4		148.011
5-31	99.9	99.9	148.125	148.673	0.548	54.9		148.115
5-32	99.9	99.9	148.409	148.879	0.470	47.1		148.402
5-33	99.9	99.9	149.717	150.285	0.568	56.9		149.711
5-34	99.9	99.9	146.611	147.081	0.470	47.1		146.598
5-35	99.9	99.9	147.937	148.453	0.516	51.7		147.928
5-36	99.9	99.9	146.539	147.056	0.517	51.8		146.527
5-37	99.9	99.9	148.250	148.750	0.500	50.1		148.245
5-38	99.9	99.9	148.278	148.765	0.487	48.8		148.261
Note: Grammatura media piastrella 19-37 [g/m ²] = 52.1 3.47 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.520 0.035								
(*) prodotto diluito al 50% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 19-37 [g/m2] = 26.0 ; [g/pz] = 0.260								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.006	0.000	0.0
0.001	0.001	0.2
0.000	0.000	0.0
0.002	0.002	0.4
0.000	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
0.001	0.001	0.2
0.002	0.002	0.4
0.000	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.005	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.002	0.002	0.4
0.001	0.001	0.2
-0.002	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.011	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.006	0.000	0.0
-0.014	0.000	0.0
-0.012	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.012	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.009	0.000	0.0
-0.014	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.007	0.000	0.0
-0.006	0.000	0.0
-0.013	0.000	0.0
-0.009	0.000	0.0
-0.012	0.000	0.0
-0.005	0.000	0.0
-0.017	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.010	0.000	0.0
NPG-300°C		

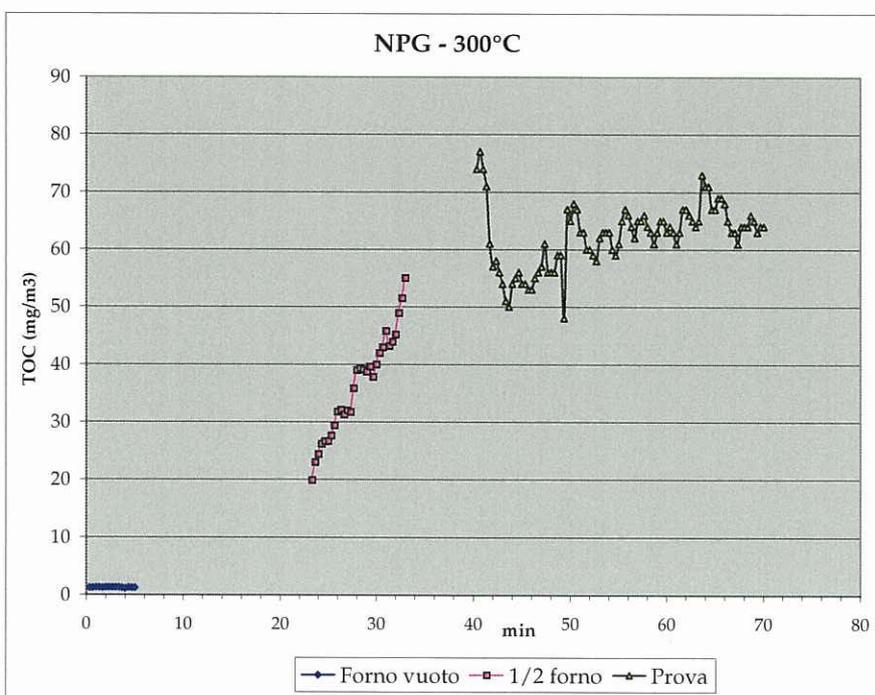
Tab. 6.20-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 30	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: NPG		Grammatura (teorica): 25 g/m2		300°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 61 mm/min			Velocità impostata rulli: 180.1 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
5-1	10.47					
5-2						
5-3						
5-4	10.51					
5-5						
5-6						
5-7	10.57	1/2 forno				
5-8						
5-9						
5-10	11.01					
5-11						
5-12						
5-13						
5-14	11.08	forno pieno				
5-15						
5-16						
5-17						
5-18						
5-19	11.16	11.16.30	84,819	24	-2.5	PROVA
5-20						
5-21						
5-22						
5-23	11.22	11.23.30	84,961	26	-2.5	
5-24						
5-25						
5-26						
5-27	11.29					
5-28						
5-29						
5-30						
5-31	11.35	11.36.30	85,226	26	-2.5	
5-32						
5-33						
5-34						
5-35						
5-36						
5-37	11.45	11.46.30	85,440	26	-2.5	
5-38						

NOTE: 1'37" per piastrella

Tab. 6.20-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		30		Additivo chimico:			NPG			Temperatura cottura:		300°C			
Inizio ore:		10.35		Fondo scala (*):			1.0			Fine ore:		11.45		[mg/m3]	
10.35/10.40h	F vuoto	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
1.2	1.1	1.3	1.2	1.2											
10.58/11.08h	1/2 forno	19.9	23	24.4	26.2	26.6	26.7	27.6	29.4	31.8	32.1				
31.3	32	31.7	35.8	39	39.3	39.1	38.7	39.6	37.8	40	42				
43	45.8	43.2	43.9	45.2	48.9	51.5	55	forno pieno							
11.15/11.45h	Prova	74	77	74	71	61	57	58	56	54	51				
50	54	55	56	54	54	53	53	55	56	57	61				
56	56	56	59	59	48	67	65	68	67	63	63				
60	60	59	58	62	63	63	63	60	59	61	65				
67	66	64	62	65	65	66	64	63	61	63	65				
65	63	64	63	61	63	67	67	66	65	64	65				
73	71	71	67	67	69	69	68	65	63	63	61				
64	64	64	66	65	63	64	64								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova: 62.4 mg/m3					(tutti i dati sono lordi)								
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													



(Prova) (mg/m3)
Valore medio: 62.4
Valore minimo: 48.0
Valore massimo: 77.0

Fig. 6.8 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.20-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: NPG		Grammatura da applicare: 0,5* g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
9-2	5.0	0	36.0	0.504
10-0	5.0	0	35.0	0.503
Note: * Soluzione 50% in H2O.				

Tab. 6.20-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 31	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	NPG*		Grammatura (teorica): 25 g/m2			700°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m²]		
-5-1	99.9	99.9	148.553	149.077	0.524	52.5		148.486
-5-2	99.9	99.9	146.661	147.174	0.513	51.4		146.587
-5-3	99.9	99.9	145.848	146.292	0.444	44.5		145.777
-5-4	99.9	99.9	149.269	149.745	0.476	47.7		149.189
-5-5	99.9	99.9	148.973	149.436	0.463	46.4		148.903
-5-6	99.9	99.9	148.139	148.619	0.480	48.1		148.069
-5-7	99.9	99.9	147.117	147.630	0.513	51.4		147.048
-5-8	99.9	99.9	148.218	148.708	0.490	49.1		148.145
-5-9	99.9	99.9	149.396	149.886	0.490	49.1		149.325
-5-10	99.9	99.9	149.245	149.728	0.483	48.4		149.169
-5-11	99.9	99.9	149.880	150.416	0.536	53.7		149.803
-5-12	99.9	99.9	148.543	149.023	0.480	48.1		148.438
-5-13	99.9	99.9	148.574	149.144	0.570	57.1		148.495
-5-14	99.9	99.9	148.008	148.542	0.534	53.5		147.903
-5-15	99.9	99.9	146.853	147.301	0.448	44.9		146.748
-5-16	99.9	99.9	147.399	147.923	0.524	52.5		147.317
-5-17	99.9	99.9	149.697	150.061	0.364	36.5		149.583
-5-18	99.9	99.9	149.863	150.366	0.503	50.4		149.751
-5-19	99.9	99.9	148.573	149.056	0.483	48.4		148.492
-5-20	99.9	99.9	149.013	149.516	0.503	50.4		148.925
-5-21	99.9	99.9	148.349	148.845	0.496	49.7		148.264
-5-22	99.9	99.9	149.251	149.793	0.542	54.3		149.136

Note: Grammatura media piastrella 14-22 [g/m²] = 49.0 5.16 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.489 0.051

(*) prodotto diluito al 50% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 14-22 [g/m2] = 24.5 ; [g/pz] = 0.244

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo additivo residuo (residuo) / gram appl x 100 (g) (%)	
	(g)	(%)
-0.067	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.080	0.000	0
-0.070	0.000	0
-0.070	0.000	0
-0.069	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.077	0.000	0
-0.105	0.000	0
-0.079	0.000	0
-0.105	0.000	0
-0.105	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.114	0.000	0
-0.112	0.000	0
-0.081	0.000	0
-0.088	0.000	0
-0.085	0.000	0
-0.115	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.099	0.000	0.0
NPG-700°C		

Tab. 6.20-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 31	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: NPG		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.5 mm/min			Velocità impostata rulli: 78 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-5-1	14.20					
-5-2						
-5-3						
-5-4						
-5-5	14.35					
-5-6						
-5-7						
-5-8	14.46	1/2 forno				
-5-9						
-5-10						
-5-11						
-5-12	15.01					
-5-13		forno pieno				
-5-14	15.09	15.10.30	90,173	28	-2.5	PROVA
-5-15						
-5-16						
-5-17	15.20	15.21.00	90.411	28	-2.5	
-5-18						
-5-19	15.28					
-5-20						
-5-21	15.35					
-5-22	15.39	15.40.30	90,855	28	-2.5	
-5-23						

NOTE: 3'43" per piastrella

Tab. 6.20-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramicco

Centro Ceramicco Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC															
Prova (n°):		31		Additivo chimico:			NPG			Temperatura cottura:		700°C					
Inizio ore:		14.07		Fondo scala (*):			0.6			Fine ore:		15.39		[mg/m3]			
14.07/14.13h	F vuoto	10.7	10.8	10.8	10.8	10.6	10.7	10.9	11.3	11.4	11.3						
		11.5	11.6	11.5	11.5	11.3	11.1	11.2	11.1								
14.46/14.47h	1/2 forno	214	218	222	"OFF NORMAL"												
15.06/15.10h	F pieno	283	267	274	286	257	240	234	227	225	237						
		237	235	prova													
15.09/15.39h	Prova	234	226	233	229	206	187	178	"off normal"								
15.15h		169	216	202	195	191	201	202	201	199	217	"off normal"					
15.20h		229	212	198	193	201	191	181	179	182	192	202					
		211	201	240	222	245	242	220	208	110	203	175	169				
		173	169	166	170	178	175	181	192	202	202	227	229				
		239	237	235	231	229	231	230	232	222	226	237	242				
		238	239	237	246	236	228	222	215	221	226						
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.															
		Valore medio/prova:				210.2 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)							
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

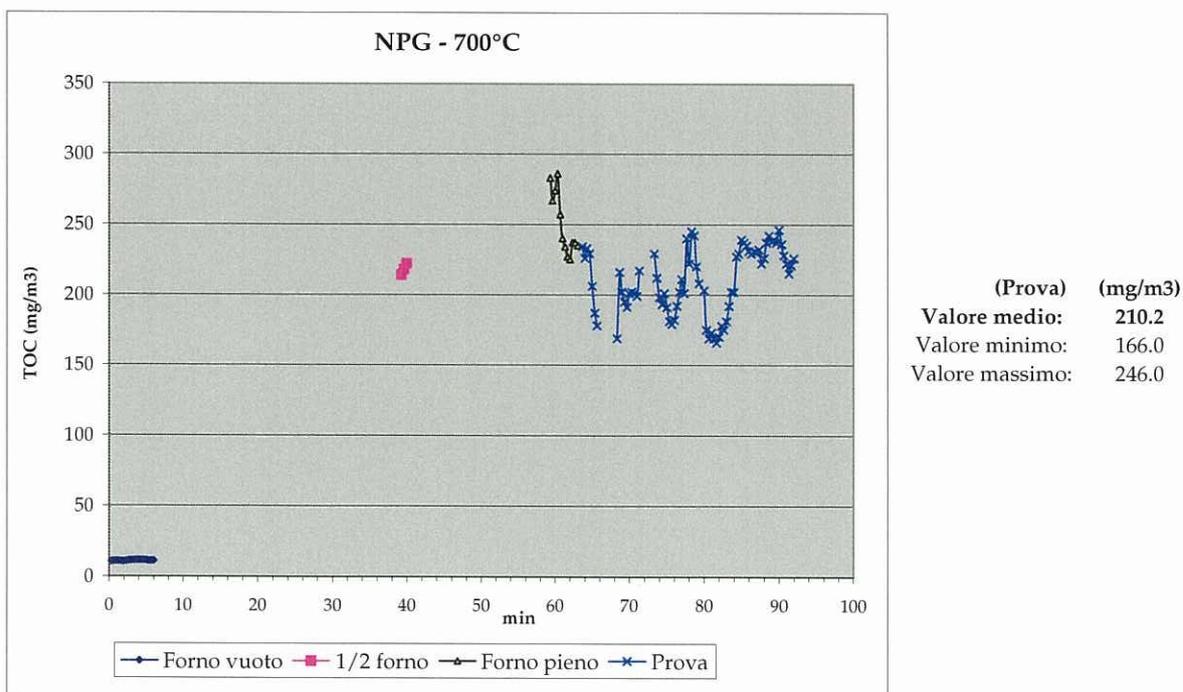


Fig. 6.9 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.21-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	DPM		Grammatura teorica: 0.25 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
6-1	4.8	0	63.15	0.300
6-2	4.8	0	65.00	0.255
Note:				

Tab. 6.21-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche										
		Scheda rilievo dati										
Prova (n°): 03		Temperatura ambiente (°C): 17			Temperatura max cottura:							
Additivo chimico:		DPM		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		300°C						
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]	ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo		
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]				additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)	
6-1	99.9	99.9	144.020	144.289	0.269	27.0						
6-2	99.9	99.9	144.107	144.379	0.272	27.3						
6-3	99.9	99.9	145.625	145.912	0.287	28.8						
6-4	99.9	99.9	148.310	148.553	0.243	24.3						
6-5	99.9	99.9	145.919	146.170	0.251	25.2		145.908	-0.011	0.000	0.0	
6-6	99.9	99.9	145.802	146.072	0.270	27.1		145.790	-0.012	0.000	0.0	
6-7	99.9	99.9	145.650	145.905	0.255	25.6		145.638	-0.012	0.000	0.0	
6-8	99.9	99.9	145.743	146.026	0.283	28.4		145.726	-0.017	0.000	0.0	
6-9	99.9	99.9	145.176	145.434	0.258	25.9		145.162	-0.014	0.000	0.0	
6-10	99.9	99.9	148.241	148.480	0.239	23.9		148.227	-0.014	0.000	0.0	
6-11	99.9	99.9	146.506	146.772	0.266	26.7		146.482	-0.024	0.000	0.0	
6-12	99.9	99.9	147.272	147.544	0.272	27.3		147.257	-0.015	0.000	0.0	
6-13	99.9	99.9	146.858	147.129	0.271	27.2		146.841	-0.017	0.000	0.0	
6-14	99.9	99.9	146.558	146.796	0.238	23.8		146.545	-0.013	0.000	0.0	
6-15	99.9	99.9	148.119	148.367	0.248	24.8		148.103	-0.016	0.000	0.0	
6-16	99.9	99.9	145.922	146.179	0.257	25.8		145.907	-0.015	0.000	0.0	
6-17	99.9	99.9	145.345	145.632	0.287	28.8		145.333	-0.012	0.000	0.0	
6-18	99.9	99.9	146.905	147.167	0.262	26.3		146.888	-0.017	0.000	0.0	
6-19	99.9	99.9	145.668	145.941	0.273	27.4		145.643	-0.025	0.000	0.0	
6-20	99.9	99.9	146.684	146.929	0.245	24.5		146.666	-0.018	0.000	0.0	
6-21	99.9	99.9	145.993	146.218	0.225	22.5		145.981	-0.012	0.000	0.0	
6-22	99.9	99.9	149.127	149.374	0.247	24.7		149.115	-0.012	0.000	0.0	
6-23	99.9	99.9	147.509	147.755	0.246	24.6		147.493	-0.016	0.000	0.0	
6-24	99.9	99.9	146.265	146.530	0.265	26.6		146.241	-0.024	0.000	0.0	
6-25	99.9	99.9	145.677	145.918	0.241	24.1		145.654	-0.023	0.000	0.0	
6-26	99.9	99.9	149.095	149.373	0.278	27.9		149.068	-0.027	0.000	0.0	
6-27	99.9	99.9	146.019	146.289	0.270	27.1		145.998	-0.021	0.000	0.0	
6-28	99.9	99.9	145.485	145.746	0.261	26.2		145.459	-0.026	0.000	0.0	
6-29	99.9	99.9	148.360	148.576	0.216	21.6		148.343	-0.017	0.000	0.0	
6-30	99.9	99.9	146.562	146.808	0.246	24.6		146.533	-0.029	0.000	0.0	
6-31	99.9	99.9	148.665	148.925	0.260	26.1		148.616	-0.049	0.000	0.0	
6-32	99.9	99.9	147.438	147.698	0.260	26.1		147.414	-0.024	0.000	0.0	
6-33	99.9	99.9	148.289	148.530	0.241	24.1		148.267	-0.022	0.000	0.0	
6-34	99.9	99.9	144.908	145.183	0.275	27.6		144.880	-0.028	0.000	0.0	
6-35	99.9	99.9	146.837	147.103	0.266	26.7		146.817	-0.020	0.000	0.0	
6-36	99.9	99.9	146.158	146.413	0.255	25.6		146.140	-0.018	0.000	0.0	
6-37	99.9	99.9	147.227	147.485	0.258	25.9		147.217	-0.010	0.000	0.0	
6-38	99.9	99.9	144.955	145.205	0.250	25.1		144.930	-0.025	0.000	0.0	
6-39	99.9	99.9	147.990	148.246	0.256	25.7						
6-40	99.9	99.9	147.164	147.455	0.291	29.2						
6-41	99.9	99.9	149.28	149.524	0.244	24.4						
Note:		Grammatura media piastrella 20-38 [g/m ²] = 25.3 1.5506 (deviazione standard popolazione)										
		[g/pz] = 0.253 0.0155										
Media (intervallo)										-0.022	0.000	0.0
DPM-300°C												

Tab. 6.21-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 03		Temperatura ambiente (°C): 17		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:
Additivo chimico: DPM			Grammatura (teorica): 25 g/m2			300°C
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.8 mm/min			Velocità impostata rulli: 182.5 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
6-1	12.07					
6-2						
6-3						
6-4						
6-5						
6-6						
6-7						
6-8						
6-9						
6-10						
6-11	12.23					
6-12						
6-13						
6-14						
6-15	12.31					
6-16	12.33					
6-17	12.35					
6-18	12.36					
6-19						
6-20	12.40	12.40.35	3147	15		PROVA
6-21	12.41					
6-22						
6-23	12.44	12.44.35	3237			
6-24						
6-25						
6-26	12.49	12.51.35	3367			
6-27						
6-28						
6-29	12.54					
6-30	12.56	12.56.35	3468	15		
6-31						
6-32						
6-33						
6-34	13.03					
6-35	13.04	13.04.35	3647	15		
6-36						
6-37						
6-38		13.10.35	3747	15		

NOTE: l'37" per piastrella

Tab. 6.21-e – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Prova (n°): 04		Temperatura ambiente (°C): 16			Temperatura max cottura:			
Additivo chimico: DPM		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		500°C				
Campione [sigla]	Dimensione [mm]		Peso [g]		Grammatura applicata [g/pz] [g/m ²]		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.				
6-1	99.9	99.9	146.971	<i>147.258</i>	0.287	28.8		
6-2	99.9	99.9	146.669	<i>146.940</i>	0.271	27.2		
6-3	99.9	99.9	147.627	<i>147.874</i>	0.247	24.7		
6-4	99.9	99.9	148.230	<i>148.498</i>	0.268	26.9		
6-5	99.9	99.9	148.549	<i>148.824</i>	0.275	27.6		
6-6	99.9	99.9	148.402	<i>148.652</i>	0.250	25.1		
6-7	99.9	99.9	145.673	<i>145.939</i>	0.266	26.7		
6-8	99.9	99.9	144.376	<i>144.645</i>	0.269	27.0		
6-9	99.9	99.9	149.915	<i>150.186</i>	0.271	27.2		
6-10	99.9	99.9	145.877	<i>146.106</i>	0.229	22.9		
6-11	99.9	99.9	147.471	<i>147.734</i>	0.263	26.4		
6-12	99.9	99.9	146.537	<i>146.793</i>	0.256	25.7		
6-13	99.9	99.9	145.313	<i>145.563</i>	0.250	25.1		145.257
6-14	99.9	99.9	146.706	<i>146.982</i>	0.276	27.7		146.641
6-15	99.9	99.9	149.269	<i>149.543</i>	0.274	27.5		149.202
6-16	99.9	99.9	146.608	<i>146.850</i>	0.242	24.2		146.541
6-17	99.9	99.9	146.998	<i>147.261</i>	0.263	26.4		146.935
6-18	99.9	99.9	146.394	<i>146.667</i>	0.273	27.4		146.328
6-19	99.9	99.9	146.524	<i>146.803</i>	0.279	28.0		146.458
6-20	99.9	99.9	146.523	<i>146.802</i>	0.279	28.0		146.462
6-21	99.9	99.9	147.031	<i>147.290</i>	0.259	26.0		146.965
6-22	99.9	99.9	145.997	<i>146.273</i>	0.276	27.7		145.933
6-23	99.9	99.9	146.068	<i>146.342</i>	0.274	27.5		146.003
6-24	99.9	99.9	147.570	<i>147.817</i>	0.247	24.7		147.500
6-25	99.9	99.9	147.938	<i>148.181</i>	0.243	24.3		147.861
6-26	99.9	99.9	147.087	<i>147.328</i>	0.241	24.1		147.012
6-27	99.9	99.9	145.717	<i>145.976</i>	0.259	26.0		
Note:			Grammatura media piastrella 16-26 [g/m ²] = 26.2		1.5023 (deviazione standard popolazione)			
			[g/pz] = 0.261		0.015			

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.056	0.000	0.0
-0.065	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.066	0.000	0.0
-0.066	0.000	0.0
-0.061	0.000	0.0
-0.066	0.000	0.0
-0.064	0.000	0.0
-0.065	0.000	0.0
-0.070	0.000	0.0
-0.077	0.000	0.0
-0.075	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.067	0.000	0.0
DPM-500°C		

Tab. 6.21-f – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 04	Temperatura ambiente (°C): 16		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DPM		Grammatura (teorica): 25 g/m2		500°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 110.1 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
6-1	14.52					
6-2						
6-3						
6-4						
6-5						
6-6						
6-7						
6-8						
6-9						
6-10						
6-11						
6-12						
6-13						
6-14						
6-15						
6-16	15.32	15.33	6604	14		PROVA
6-17						
6-18						
6-19	15.41	15.42.35	6796			
6-20						
6-21						
6-22						
6-23	15.52					
6-24						
6-25						
6-26	16.01	16.03.00	7207			

NOTE: 2'44" per piastrella

Tab. 6.21-g – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	DPM		Grammatura teorica: 0.25 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
6-3	5.0	0	80.00	0.221
6-4	5.0	0	77.50	0.243
6-14	5.0	0	77.00	0.228
Note:				

Tab. 6.21-h – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 07	Temperatura ambiente (°C): 18			Temperatura max cottura:				
Additivo chimico:	DPM		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		700°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
6-1	99.9	99.9	146.078	146.322	0.244	24.4		146.016
6-2	99.9	99.9	146.181	146.413	0.232	23.2		146.121
6-3	99.9	99.9	145.544	145.765	0.221	22.1		145.481
6-4	99.9	99.9	147.058	147.301	0.243	24.3		146.996
6-5	99.9	99.9	148.230	148.477	0.247	24.7		148.163
6-6	99.9	99.9	144.574	144.821	0.247	24.7		144.506
6-7	99.9	99.9	145.917	146.151	0.234	23.4		145.848
6-8	99.9	99.9	147.828	148.064	0.236	23.6		147.759
6-9	99.9	99.9	146.843	147.086	0.243	24.3		146.771
6-10	99.9	99.9	144.522	144.771	0.249	24.9		144.467
6-11	99.9	99.9	145.401	145.624	0.223	22.3		145.341
6-12	99.9	99.9	147.989	148.213	0.224	22.4		147.931
6-13	99.9	99.9	149.188	149.418	0.230	23.0		149.126
6-14	99.9	99.9	147.518	147.746	0.228	22.8		147.456
6-15	99.9	99.9	145.941	146.180	0.239	23.9		145.872
6-16	99.9	99.9	145.894	146.143	0.249	24.9		145.829
6-17	99.9	99.9	145.995	146.220	0.225	22.5		145.923
6-18	99.9	99.9	146.164	146.407	0.243	24.3		146.094
6-19	99.9	99.9	144.803	145.035	0.232	23.2		144.727
6-20	99.9	99.9	145.427	145.660	0.233	23.3		145.345
Note: Grammatura media piastrella 13-20 [g/m ²] = 23.5 0.7622 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.235 0.0076								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.062	0.000	0.0
-0.060	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.062	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.068	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.072	0.000	0.0
-0.055	0.000	0.0
-0.060	0.000	0.0
-0.058	0.000	0.0
-0.062	0.000	0.0
-0.062	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.065	0.000	0.0
-0.072	0.000	0.0
-0.070	0.000	0.0
-0.076	0.000	0.0
-0.082	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.070	0.000	0.0
DPM-700°C		

Tab. 6.21-i – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 07	Temperatura ambiente (°C): 18		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DPM		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		700°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.5 mm/min			Velocità impostata rulli: 80 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
6-1	15.44					
6-2	15.48	15.48.27	7565	18		
6-3	15.51					
6-4	15.55					
6-5	15.59					
6-6	16.03					
6-7	16.07					
6-8	16.11					
6-9	16.15					
6-10	16.19					
6-11	16.22					
6-12	16.26					
6-13	16.30	16.30.10	8400	18		PROVA
6-14	16.34	16.34.16	8480	18		
6-15	16.37	16.38.16	8560	18		
6-16	16.41	16.41.52	8632	18		
6-17	16.45	16.46.32	8725	18		
6-18	16.49	16.51.12	8818	18		
6-19	16.53	16.53.19	8860	18		
6-20	16.56	16.59.33	8986	18		

NOTE: 3/4" per piastrella

Tab. 6.22-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 400			Grammatura teorica: 0.25 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	78	0.660
2-0	5.0	0	80	0.679
3-0	7.5	0	80	0.454
4-0	7.5	0	100	0.351
5-0	7.5*	0	110**	0.310
Note: (*)Pressione massima della pompa 7,5 bar.				
(**) frequenza massima ammissibile (sistema blocca).				

Tab. 6.22-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 15	Temperatura ambiente (°C): 16	Pressione atmosferica (mbar): _____				Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	PEG 400	Grammatura (teorica): 25 g/m ²				300°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
7-1	99.9	99.9	148.689	149.001	0.312	31.3	max. 4 min	148.686
7-2	99.9	99.9	147.725	148.046	0.321	32.2		147.724
7-3	99.9	99.9	148.250	148.556	0.306	30.7		148.253
7-4	99.9	99.9	148.851	149.174	0.323	32.4		148.856
7-5	99.9	99.9	145.604	145.918	0.314	31.5		145.607
7-6	99.9	99.9	148.539	148.861	0.322	32.3		148.531
7-7	99.9	99.9	149.062	149.376	0.314	31.5		149.076
7-8	99.9	99.9	149.839	150.201	0.362	36.3		149.845
7-9	99.9	99.9	148.557	148.887	0.330	33.1		148.569
7-10	99.9	99.9	146.910	147.229	0.319	32.0		146.922
7-11	99.9	99.9	147.215	147.500	0.285	28.6		147.221
7-12	99.9	99.9	147.724	148.041	0.317	31.8		147.730
7-13	99.9	99.9	147.187	147.483	0.296	29.7		147.198
7-14	99.9	99.9	150.774	151.068	0.294	29.5		150.780
7-15	99.9	99.9	148.187	148.478	0.291	29.2		148.197
7-16	99.9	99.9	147.249	147.543	0.294	29.5		147.258
7-17	99.9	99.9	147.715	148.017	0.302	30.3		147.731
7-18	99.9	99.9	148.697	148.997	0.300	30.1		148.717
7-19	99.9	99.9	146.964	147.246	0.282	28.3		146.979
7-20	99.9	99.9	149.521	149.822	0.301	30.2		149.526
7-21	99.9	99.9	148.071	148.367	0.296	29.7		148.083
7-22	99.9	99.9	149.193	149.504	0.311	31.2		149.202
7-23	99.9	99.9	149.669	149.981	0.312	31.3		149.685
7-24	99.9	99.9	147.331	147.621	0.290	29.1		147.342
7-25	99.9	99.9	147.810	148.117	0.307	30.8		147.819
7-26	99.9	99.9	147.559	147.862	0.303	30.4		147.567
7-27	99.9	99.9	149.159	149.432	0.273	27.4		149.162
7-28	99.9	99.9	147.019	147.313	0.294	29.5		147.028
7-29	99.9	99.9	146.523	146.795	0.272	27.3		146.526
7-30	99.9	99.9	145.397	145.679	0.282	28.3		145.444
7-31	99.9	99.9	149.199	149.474	0.275	27.6		149.236
7-32	99.9	99.9	146.834	147.104	0.270	27.1		146.871
7-33	99.9	99.9	148.964	149.252	0.288	28.9		148.988
7-34	99.9	99.9	147.344	147.629	0.285	28.6		147.364
7-35	99.9	99.9	147.480	147.757	0.277	27.8		n.r.
Note: Grammatura media piastrella 16-35 [g/m ²] = 29.1 1.301 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.291 0.013								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.003	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
0.003	0.003	1.0
0.005	0.005	1.5
0.003	0.003	1.0
-0.008	0.000	0.0
0.014	0.014	4.5
0.006	0.006	1.7
0.012	0.012	3.6
0.012	0.012	3.8
0.006	0.006	2.1
0.006	0.006	1.9
0.011	0.011	3.7
0.006	0.006	2.0
0.010	0.010	3.4
0.009	0.009	3.1
0.016	0.016	5.3
0.020	0.020	6.7
0.015	0.015	5.3
0.005	0.005	1.7
0.012	0.012	4.1
0.009	0.009	2.9
0.016	0.016	5.1
0.011	0.011	3.8
0.009	0.009	2.9
0.008	0.008	2.6
0.003	0.003	1.1
0.009	0.009	3.1
0.003	0.003	1.1
0.047	0.047	16.7
0.037	0.037	13.5
0.037	0.037	13.7
0.024	0.024	8.3
0.020	0.020	7.0
Media (intervallo)		
0.016	0.016	5.7
PEG 400-300°C		

Tab. 6.22-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°):	15	Temperatura ambiente (°C):	16	Velocità riscaldamento (°C/min):	30	Temperatura max cottura:
Additivo chimico:	PEG 400	Grammatura (teorica):	25	g/m2		300°C
Velocità di avanzamento piastrelle:	61.8	mm/min		Velocità impostata rulli:	182	(tachimetro forno)
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
7-1	11.26					
7-2						
7-3						
7-4						
7-5						
7-6						
7-7						
7-8						
7-9						
7-10						
7-11						
7-12						
7-13						
7-14						
7-15						
7-16	11.51.00	11.51.30	34626	16		PROVA
7-17						
7-18						
7-19						
7-20						
7-21						
7-22	12.01.00	12.01.30	34838	16		
7-23						
7-24						
7-25						
7-26	12.07.21					
7-27						
7-28	12.10.39	12.11.30	35050	16		
7-29						
7-30	12.13					
7-31						
7-32						
7-33						
7-34	12.20.29					
7-35		12.21.30	35262	16		

NOTE: 1'37" per piastrella

Tab. 6.22-d – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 400			Grammatura teorica: 0.25 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	85.0	0.532
1-1	5.0	0	85.0	0.612
2-0	6.0	0	85.0	0.352
3-0	7.0	0	85.0	0.378
4-0	6.5	0	90.0	0.334
5-0	6.5	0	100.0	0.327
6-0	7.0	0	100.0	0.310
7-0	7.0	0	110.0	0.288
7-1	7.0	0	110.0	0.287
7-2	7.0	0	110.0	0.298
Note: minima grammatura raggiungibile con le regolazioni possibili della linea.				

Tab. 6.22-e – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 22	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	PEG 400		Grammatura (teorica): 25 g/m2				300°C	
Campione [sigla]	Dimensione [mm]		Peso [g]		Grammatura applicata [g/pz] [g/m²]		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.				
7-1	99.9	99.9	149.911	150.192	0.281	28.2		149.909
7-2	99.9	99.9	147.367	147.642	0.275	27.6		147.357
7-3	99.9	99.9	147.537	147.816	0.279	28.0		147.537
7-4	99.9	99.9	149.938	150.223	0.285	28.6		149.938
7-5	99.9	99.9	150.194	150.470	0.276	27.7		150.166
7-6	99.9	99.9	147.975	148.243	0.268	26.9		147.938
7-7	99.9	99.9	147.164	147.439	0.275	27.6		147.142
7-8	99.9	99.9	148.357	148.629	0.272	27.3		148.354
7-9	99.9	99.9	148.305	148.584	0.279	28.0		148.302
7-10	99.9	99.9	147.686	147.964	0.278	27.9		147.684
7-11	99.9	99.9	147.996	148.279	0.283	28.4		147.992
7-12	99.9	99.9	146.290	146.557	0.267	26.8		146.296
7-13	99.9	99.9	147.598	147.878	0.280	28.1		147.599
7-14	99.9	99.9	148.887	149.161	0.274	27.5		148.879
7-15	99.9	99.9	148.335	148.604	0.269	27.0		148.335
7-16	99.9	99.9	146.683	146.948	0.265	26.6		146.683
7-17	99.9	99.9	148.273	148.558	0.285	28.6		148.274
7-18	99.9	99.9	148.940	149.201	0.261	26.2		148.941
7-19	99.9	99.9	148.956	149.222	0.266	26.7		148.956
7-20	99.9	99.9	147.244	147.499	0.255	25.6		147.248
7-21	99.9	99.9	147.139	147.411	0.272	27.3		147.138
7-22	99.9	99.9	147.878	148.142	0.264	26.5		147.889
7-23	99.9	99.9	148.273	148.539	0.266	26.7		148.288
7-24	99.9	99.9	148.729	149.026	0.297	29.8		148.747
7-25	99.9	99.9	148.475	148.755	0.280	28.1		148.487
7-26	99.9	99.9	148.300	148.584	0.284	28.5		148.313
7-27	99.9	99.9	146.593	146.898	0.305	30.6		146.604
7-28	99.9	99.9	147.311	147.629	0.318	31.9		147.327
7-29	99.9	99.9	147.361	147.651	0.290	29.1		147.371
7-30	99.9	99.9	149.764	150.043	0.279	28.0		149.762
7-31	99.9	99.9	149.214	149.495	0.281	28.2		149.221
7-32	99.9	99.9	147.879	148.151	0.272	27.3		147.888
7-33	99.9	99.9	148.102	148.370	0.268	26.9		148.106
7-34	99.9	99.9	149.819	150.081	0.262	26.3		149.824
7-35	99.9	99.9	147.555	147.827	0.272	27.3		147.557
7-36	99.9	99.9	147.469	147.740	0.271	27.2		147.471
7-37	99.9	99.9	146.301	146.564	0.263	26.4		146.290
7-38	99.9	99.9	147.255	147.527	0.272	27.3		147.247
Note:	Grammatura media piastrella X-Y [g/m²] = 27.8 1.573 (deviazione standard popolazione)							
	[g/pz] = 0.277 0.016							

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.002	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
-0.028	0.000	0.0
-0.037	0.000	0.0
-0.022	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
-0.002	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
0.006	0.006	2.2
0.001	0.001	0.4
-0.008	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.000	0.000	0.0
0.001	0.001	0.4
0.001	0.001	0.4
0.000	0.000	0.0
0.004	0.004	1.6
-0.001	0.000	0.0
0.011	0.011	4.2
0.015	0.015	5.6
0.018	0.018	6.1
0.012	0.012	4.3
0.013	0.013	4.6
0.011	0.011	3.6
0.016	0.016	5.0
0.010	0.010	3.4
-0.002	0.000	0.0
0.007	0.007	2.5
0.009	0.009	3.3
0.004	0.004	1.5
0.005	0.005	1.9
0.002	0.002	0.7
0.002	0.002	0.7
-0.011	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
Media (intervallo)		
0.007	0.007	2.6
PEG 400-300°C		

Tab. 6.22-f – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 22	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PEG 400	Grammatura (teorica):		25 g/m2		300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 60.3		mm/min		Velocità impostata rulli: 179.1		(tachimetro forno)
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
7-1	11.10					
7-2						
7-3	11.13					
7-4						
7-5	11.17					
7-6						
7-7						
7-8						
7-9						
7-10						
7-11						
7-12	11.29					
7-13						
7-14						
7-15	11.36					
7-16	11.38					
7-17						
7-18	11.42	11.42.30	4,216	20	0	PROVA
7-19						
7-20						
7-21						
7-22	11.49					
7-23	11.51	11.51.30	4,417	20	0	
7-24						
7-25						
7-26						
7-27						
7-28						
7-29	12.01	12.01.30	4,653	20	0	
7-30						
7-31	12.04					
7-32						
7-33	12.07	12.08.30	4,819	20	0	
7-34						
7-35						
7-36	12.12	12.12.30	4,915	20	0	
7-37						
7-38	12.16	12.17.00	5,023	20	0	

NOTE: 01'38" per piastrella
 (*) - il gascromatografo ha presentato problemi di funzionamento.

Tab. 4.6.22-g – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		22		Additivo chimico:				PEG 400		Temperatura cottura:		300°C			
Inizio ore:		10.50		Fondo scala (*):				1.2		Fine ore:		12.12		[mg/m ³]	
10.50/11.00h	F vuoto	1.4	1.3	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.4	1.1		
2.5	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3			
1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2								
11.23/11.33h	In piastr.	4.3	4.3	4.4	4.7	4.4	4.6	4.5	4.6	4.7	4.9				
5	4.9	5.1	5.3	5.4											
11.35/11.40h	F pieno	2.8	3	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	4.8	5	5.4				
5.8	6.2	6.4	6.5	6.6											
11.42/ 12.17h	Prova	6.9	6.9	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	...	7.2				
8	...	8.1	...	8.2	...	8.2	...	8.2							
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio:				7.3 mg/m ³				(tutti i dati sono lordi)					
		Dati presi aleatoriamente - problemi gascromatografo.													

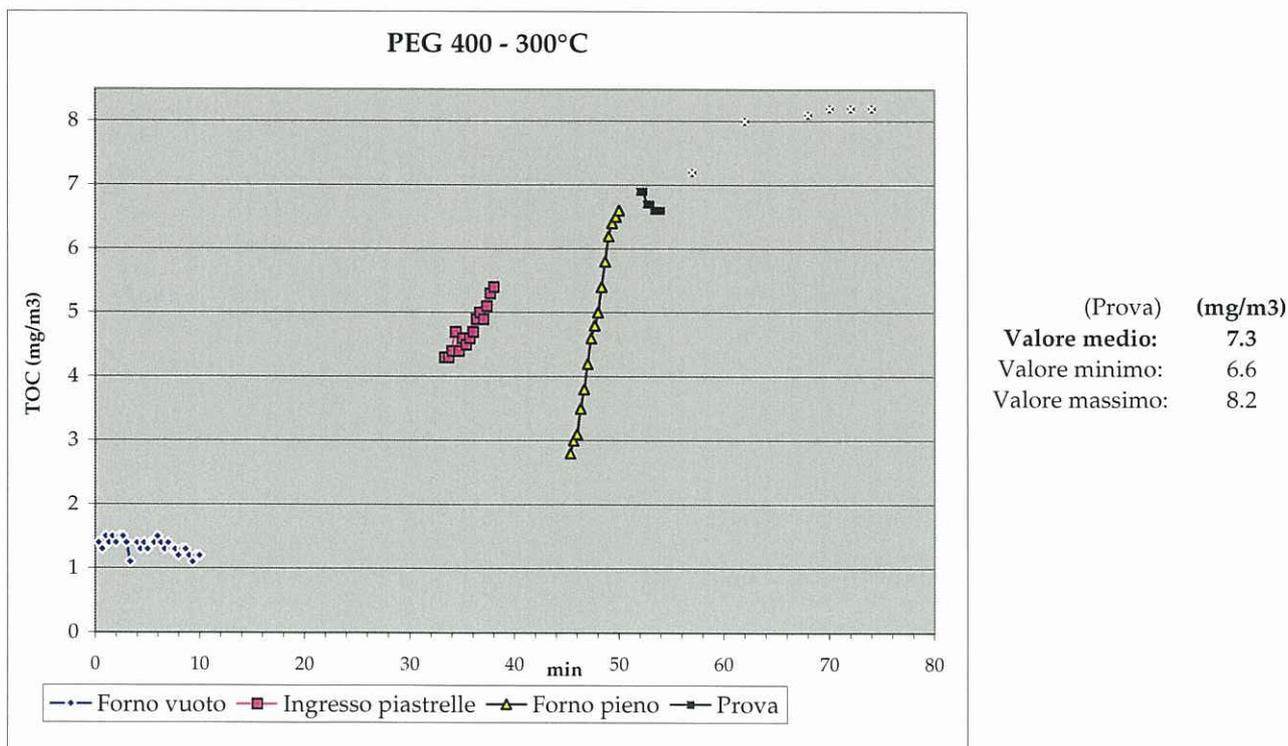


Fig. 6.10 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.22-h – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 400		Grammatura teorica: 0.25 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
5-1	7.5(*)	0	110(**)	0.304
Note:				
(*) pressione massima della pompa 7,5 bar.				
(**) frequenza massima ammissibile (sistema blocca).				

Tab. 6.22-i – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 16		Temperatura ambiente (°C): 16				Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: PEG 400		Grammatura (teorica): 25 g/m ²				500°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
7-1	99.9	99.9	146.941	147.278	0.337	33.8		146.887
7-2	99.9	99.9	146.104	146.429	0.325	32.6		146.051
7-3	99.9	99.9	146.792	147.120	0.328	32.9		146.742
7-4	99.9	99.9	150.334	150.673	0.339	34.0		150.281
7-5	99.9	99.9	147.958	148.297	0.339	34.0		147.913
7-6	99.9	99.9	148.657	149.008	0.351	35.2		148.607
7-7	99.9	99.9	147.014	147.365	0.351	35.2		146.967
7-8	99.9	99.9	147.961	148.318	0.357	35.8		147.914
7-9	99.9	99.9	147.326	147.686	0.360	36.1		147.250
7-10	99.9	99.9	146.735	147.074	0.339	34.0		146.660
7-11	99.9	99.9	147.254	147.585	0.331	33.2		147.172
7-12	99.9	99.9	146.636	146.971	0.335	33.6		146.558
7-13	99.9	99.9	146.886	147.217	0.331	33.2		146.840
7-14	99.9	99.9	147.438	147.775	0.337	33.8		147.361
7-15	99.9	99.9	148.565	148.918	0.353	35.4		148.517
7-16	99.9	99.9	147.888	148.207	0.319	32.0		147.817
7-17	99.9	99.9	149.884	150.213	0.329	33.0		149.805
7-18	99.9	99.9	148.845	149.169	0.324	32.5		148.793
7-19	99.9	99.9	147.348	147.673	0.325	32.6		147.300
7-20	99.9	99.9	149.553	149.879	0.326	32.7		149.496
7-21	99.9	99.9	147.861	148.186	0.325	32.6		147.810
7-22	99.9	99.9	146.595	146.920	0.325	32.6		146.547
7-23	99.9	99.9	148.543	148.854	0.311	31.2		148.495
7-24	99.9	99.9	149.890	150.219	0.329	33.0		149.839
7-25	99.9	99.9	151.333	151.660	0.327	32.8		151.279
7-26	99.9	99.9	147.462	147.798	0.336	33.7		147.408
Note:		Grammatura media piastrella 15-26 [g/m ²] = 32.8 0.9615 (deviazione standard popolazione)						
		[g/pz] = 0.327 0.0096						

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.054	0.000	0
-0.053	0.000	0
-0.050	0.000	0
-0.053	0.000	0
-0.045	0.000	0
-0.050	0.000	0
-0.047	0.000	0
-0.047	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.075	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.046	0.000	0
-0.077	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.079	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.057	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.054	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.055	0.000	0.0
PEG 400-500°C		

Tab. 6.22-j – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche					
Scheda rilievo dati prova							
Prova (n°): 16	Temperatura ambiente (°C): 16		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: PEG 400		Grammatura (teorica): 25 g/m2				500°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 111 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE	
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]		
7-1	13.50						
7-2							
7-3							
7-4							
7-5							
7-6							
7-7							
7-8							
7-9							
7-10							
7-11							
7-12							
7-13							
7-14							
7-15	14.30	14.30.30	37996	16		PROVA	
7-16							
7-17							
7-18							
7-19							
7-20							
7-21							
7-22	14.49	14.50.30	37402	16			
7-23							
7-24							
7-25							
7-26	14.59.39	15.00.30	38607	16			
NOTE:		2'44" per piastrella					

Tab. 6.22-k – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche		
		Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 400		Grammatura teorica: 25 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	35	0.600
2-0	6.0	0	70	0.500
3-0	6.0	0	100	0.280
Note:				

Tab. 6.22-1 – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 19	Temperatura ambiente (°C): 18			Temperatura max cottura:				
Additivo chimico:	PEG 400		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		700°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
7-1	99.9	99.9	148.172	148.486	0.314	31.5		148.121
7-2	99.9	99.9	148.212	148.501	0.289	29.0		148.161
7-3	99.9	99.9	147.266	147.592	0.326	32.7		147.217
7-4	99.9	99.9	149.860	150.167	0.307	30.8		149.812
7-5	99.9	99.9	148.738	149.046	0.308	30.9		148.684
7-6	99.9	99.9	148.737	149.034	0.297	29.8		148.685
7-7	99.9	99.9	147.017	147.329	0.312	31.3		146.965
7-8	99.9	99.9	147.960	148.248	0.288	28.9		147.911
7-9	99.9	99.9	147.430	147.723	0.293	29.4		147.382
7-10	99.9	99.9	149.730	150.031	0.301	30.2		149.682
7-11	99.9	99.9	147.005	147.309	0.304	30.5		146.964
7-12	99.9	99.9	147.180	147.495	0.315	31.6		147.140
7-13	99.9	99.9	147.974	148.282	0.308	30.9		147.926
7-14	99.9	99.9	147.667	147.961	0.294	29.5		147.630
7-15	99.9	99.9	149.233	149.516	0.283	28.4		149.195
7-16	99.9	99.9	147.961	148.250	0.289	29.0		147.921
7-17	99.9	99.9	146.682	147.004	0.322	32.3		146.643
7-18	99.9	99.9	146.666	146.970	0.304	30.5		146.629
7-19	99.9	99.9	147.054	147.378	0.324	32.5		147.010
7-20	99.9	99.9	147.266	147.596	0.330	33.1		147.223
7-21	99.9	99.9	149.029	149.343	0.314	31.5		148.984
Note: Grammatura media piastrella 14-21 [g/m ²] = 30.8 1.6495 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.308 0.0165								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.051	0.000	0
-0.051	0.000	0
-0.049	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.049	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.041	0.000	0
-0.040	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.037	0.000	0
-0.038	0.000	0
-0.040	0.000	0
-0.039	0.000	0
-0.037	0.000	0
-0.044	0.000	0
-0.043	0.000	0
-0.045	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.040	0.000	0.0
PEG 400-700°C		

Tab. 6.22-m – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°):	19	Temperatura ambiente (°C):	18	Velocità riscaldamento (°C/min):	30	Temperatura max cottura:
Additivo chimico:	PEG 400	Grammatura (teorica):	25	g/m ²	700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle:	26.5	mm/min	Velocità impostata rulli:		80	(tachimetro forno)
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
7-1	12.08					
7-2						
7-3						
7-4						
7-5						
7-6	12.28					
7-7						
7-8						
7-9						
7-10						
7-11						
7-12	12.50					
7-13						
7-14	12.57	12.57.45	46.937	18		PROVA
7-15						
7-16	12.06	12.07.45	47133	18		
7-17						
7-18	12.13					
7-19						
7-20						
7-21	12.25	12.27.45	47525	18		

NOTE: 3'46" per piastrella

Tab. 6.22-n – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 400		Grammatura teorica: 0.25 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	7.0	0	110.0	0.319
1-1	7.0	0	110.0	0.300
1-2	7.0	0	110.0	0.299
1-3	7.0	0	110.0	0.286
Note: minima grammatura raggiungibile con le regolazioni possibili della linea.				

Tab. 6.22-o – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 23	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PEG 400		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			700°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g/pz]	[g/m ²]		
	[mm]		[g]					
7-1	99.9	99.9	148.815	149.093	0.278	27.9		148.723
7-2	99.9	99.9	148.846	149.150	0.304	30.5		148.743
7-3	99.9	99.9	150.783	151.067	0.284	28.5		150.683
7-4	99.9	99.9	149.973	150.268	0.295	29.6		149.874
7-5	99.9	99.9	148.568	148.853	0.285	28.6		148.474
7-6	99.9	99.9	147.613	147.888	0.275	27.6		147.518
7-7	99.9	99.9	148.512	148.791	0.279	28.0		148.414
7-8	99.9	99.9	149.474	149.772	0.298	29.9		149.376
7-9	99.9	99.9	148.305	148.597	0.292	29.3		148.208
7-10	99.9	99.9	146.869	147.150	0.281	28.2		146.772
7-11	99.9	99.9	147.810	148.082	0.272	27.3		147.707
7-12	99.9	99.9	149.396	149.672	0.276	27.7		149.294
7-13	99.9	99.9	147.923	148.192	0.269	27.0		147.822
7-14	99.9	99.9	147.500	147.775	0.275	27.6		147.393
7-15	99.9	99.9	149.444	149.721	0.277	27.8		149.343
7-16	99.9	99.9	151.252	151.519	0.267	26.8		151.145
7-17	99.9	99.9	150.575	150.830	0.255	25.6		150.468
7-18	99.9	99.9	149.156	149.435	0.279	28.0		149.054
7-19	99.9	99.9	149.885	150.161	0.276	27.7		149.779
7-20	99.9	99.9	149.489	149.750	0.261	26.2		149.379
7-21	99.9	99.9	146.634	146.924	0.290	29.1		146.528
7-22	99.9	99.9	146.312	146.608	0.296	29.7		146.208
7-23	99.9	99.9	149.791	150.065	0.274	27.5		149.680
7-24	99.9	99.9	147.904	148.188	0.284	28.5		147.797
7-25	99.9	99.9	148.441	148.722	0.281	28.2		148.325
Note:		Grammatura media piastrella X-Y [g/m ²] = 27.6 1.23 (deviazione standard popolazione)						
		[g/pz] = 0.275 0.012						

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.092	0.000	0.0
-0.103	0.000	0.0
-0.100	0.000	0.0
-0.099	0.000	0.0
-0.094	0.000	0.0
-0.095	0.000	0.0
-0.098	0.000	0.0
-0.098	0.000	0.0
-0.097	0.000	0.0
-0.097	0.000	0.0
-0.103	0.000	0.0
-0.102	0.000	0.0
-0.101	0.000	0.0
-0.107	0.000	0.0
-0.101	0.000	0.0
-0.107	0.000	0.0
-0.107	0.000	0.0
-0.102	0.000	0.0
-0.106	0.000	0.0
-0.110	0.000	0.0
-0.106	0.000	0.0
-0.104	0.000	0.0
-0.111	0.000	0.0
-0.107	0.000	0.0
-0.116	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.106	0.000	0.0
PEG 400-700°C bis		

Tab. 6.22-p – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 23	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	PEG 400 bis		Grammatura (teorica):	25 g/m2	700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle:		26.8 mm/min	Velocità impostata rulli:		80.5 (tachimetro forno)	
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
7-1	14.13					
7-2						
7-3						
7-4						
7-5						
7-6	14.32					
7-7						
7-8						
7-9						
7-10						
7-11						
7-12						
7-13 (*)	14.58					forno pieno
7-14						
7-15	15.04	15.05.00	9,089	20	0	PROVA
7-16						
7-17	15.12	15.15.00	9,358	20	0	
7-18						
7-19	15.19	15.22.00	9,572	20	0	
7-20						
7-21						
7-22	15.30	15.32.00	9,904	20	0	
7-23	15.33	15.35.00	10,003	20	0	
7-24						
7-25	15.41	15.43.00	10,271			

NOTE: 3'41" per piastrella
(*) - forno pieno.

Tab.6.22-g – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramicco

Centro Ceramicco Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		23		Additivo chimico:			PEG 400			Temperatura cottura:		700°C			
Inizio ore:		14.03		Fondo scala (*):			vari (sotto, FS)			Fine ore:		15.41		[mg/m3]	
14:03/14:08h	F vuoto:	25.5	25.8	26.0	26.1	25.8	25.9	25.8	25.7	25.7	26				
		25.8	25.9	25.9	26.3	26.1	(FS: 2.5)	intervallo 1							
14:30/14:33h	In piastr.5	70	73	75	77	77	81	82	82	81	"off normal"				
	(FS:3.5)	intervallo 2													
14:49/14:56h	F pieno:	77	79	77	78	80	82	85	86	90	99				
		98	99	93	88	89	92	94	94	93	92	95	"off normal"		
	(FS:3.5)	intervallo 3													
15:13/15:20h	F pieno + misure altri	71	70	70	73	70	72	70	71	73	71				
		75	76	82	85	83	81	81	78	73	71	73	71		
	(FS:5.0)	intervallo 4													
15:31/15:41h	F pieno + mis. finali:	69	69	65	68	70	70	67	69	68					
		70	69	76	77	73	76	77	75	73	74	71	75		
		74	77	79	75	75	77	75	73	(FS:9.0)	intervallo 5				
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		valore medio Δ(4-5): 73.5 mg/m3													
		Dati lordi.													

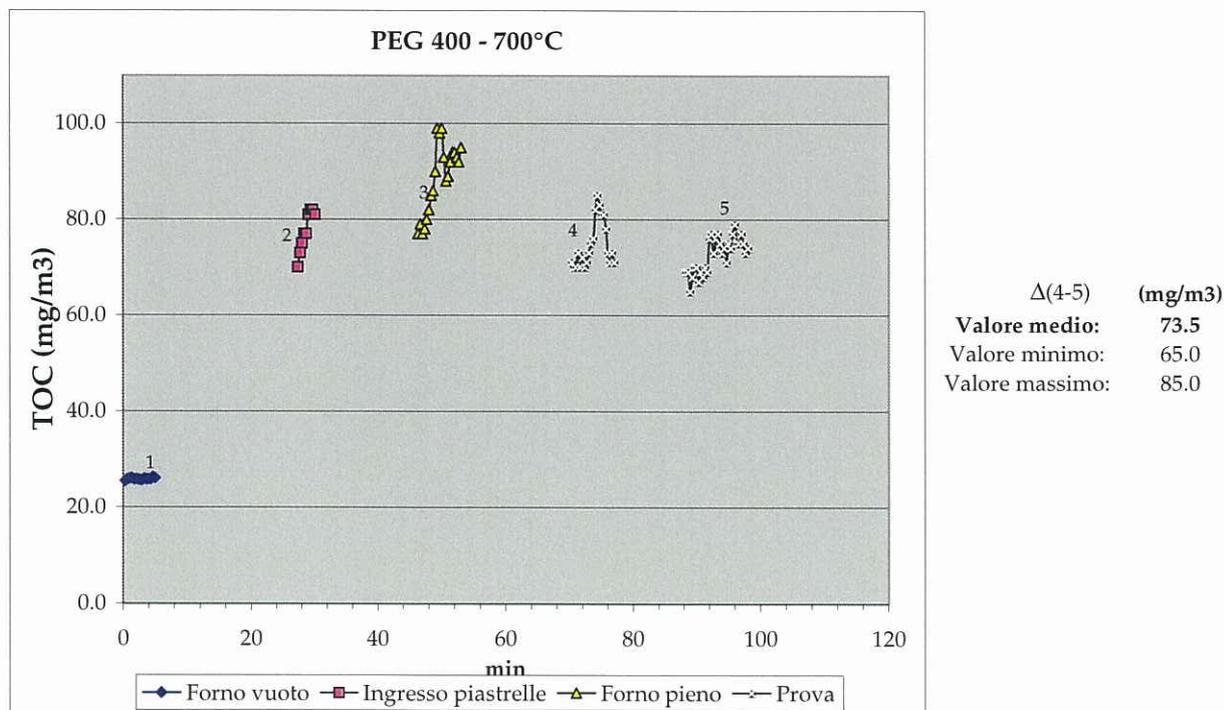


Fig. 6.11 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.23-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 32	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	PEG 4000(*)		Grammatatura (teorica): 25 g/m2		300°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m²]		
8-1	99.9	99.9	147.940	148.940	1.000	100.2		147.929
8-2	99.9	99.9	149.568	150.552	0.984	98.6		149.552
8-3	99.9	99.9	147.435	148.402	0.967	96.9		147.416
8-4	99.9	99.9	148.101	149.080	0.979	98.1		148.098
8-5	99.9	99.9	147.696	148.654	0.958	96.0		147.720
8-6	99.9	99.9	146.854	147.802	0.948	95.0		146.871
8-7	99.9	99.9	146.098	147.095	0.997	99.9		146.115
8-8	99.9	99.9	146.483	147.461	0.978	98.0		146.495
8-9	99.9	99.9	147.440	148.431	0.991	99.3		147.452
8-10	99.9	99.9	146.835	147.828	0.993	99.5		146.846
8-11	99.9	99.9	149.323	150.322	0.999	100.1		149.331
8-12	99.9	99.9	151.788	152.818	1.030	103.2		151.799
8-13	99.9	99.9	148.884	149.865	0.981	98.3		148.893
8-14	99.9	99.9	146.694	147.700	1.006	100.8		146.702
8-15	99.9	99.9	147.327	148.310	0.983	98.5		147.344
8-16	99.9	99.9	147.559	148.589	1.030	103.2		147.571
8-17	99.9	99.9	149.127	150.166	1.039	104.1		149.140
8-18	99.9	99.9	149.356	150.395	1.039	104.1		149.367
8-19	99.9	99.9	148.426	149.448	1.022	102.4		148.424
8-20	99.9	99.9	147.684	148.703	1.019	102.1		147.697
8-21	99.9	99.9	148.903	149.964	1.061	106.3		148.918
8-22	99.9	99.9	148.373	149.396	1.023	102.5		148.378
8-23	99.9	99.9	149.533	150.552	1.019	102.1		149.548
8-24	99.9	99.9	151.906	152.953	1.047	104.9		151.913
8-25	99.9	99.9	150.527	151.563	1.036	103.8		150.552
8-26	99.9	99.9	148.557	149.636	1.079	108.1		148.566
8-27	99.9	99.9	148.181	149.219	1.038	104.0		148.193
8-28	99.9	99.9	148.943	150.017	1.074	107.6		148.963
8-29	99.9	99.9	149.659	150.691	1.032	103.4		149.674
8-30	99.9	99.9	148.866	149.922	1.056	105.8		148.874
8-31	99.9	99.9	148.627	149.668	1.041	104.3		148.640
8-32	99.9	99.9	147.591	148.660	1.069	107.1		147.601
8-33	99.9	99.9	149.808	150.876	1.068	107.0		149.817
8-34	99.9	99.9	148.189	149.255	1.066	106.8		148.189
8-35	99.9	99.9	146.866	147.930	1.064	106.6		146.872
8-36	99.9	99.9	148.518	149.592	1.074	107.6		148.524
8-37	99.9	99.9	149.419	150.464	1.045	104.7		149.425
8-38	99.9	99.9	148.591	149.654	1.063	106.5		148.594

Note: Grammatatura media piastrella 19-38 [g/m²] = 105.2 1.96 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 1.050 0.020

(*) prodotto diluito al 25% in H2O. Grammatatura media effettiva piastrella 19-38 [g/m2] = 26.3 ; [g/pz] = 0.262

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.011	0.000	0.0
-0.016	0.000	0.0
-0.019	0.000	0.0
-0.003	0.000	0.0
0.024	0.024	2.5
0.017	0.017	1.8
0.017	0.017	1.7
0.012	0.012	1.2
0.012	0.012	1.2
0.011	0.011	1.1
0.008	0.008	0.8
0.011	0.011	1.1
0.009	0.009	0.9
0.008	0.008	0.8
0.017	0.017	1.7
0.012	0.012	1.2
0.013	0.013	1.3
0.011	0.011	1.1
-0.002	0.000	0.0
0.013	0.013	1.3
0.015	0.015	1.4
0.005	0.005	0.5
0.015	0.015	1.5
0.007	0.007	0.7
0.025	0.025	2.4
0.009	0.009	0.8
0.012	0.012	1.2
0.020	0.020	1.9
0.015	0.015	1.5
0.008	0.008	0.8
0.013	0.013	1.2
0.010	0.010	0.9
0.009	0.009	0.8
0.000	0.000	0.0
0.006	0.006	0.6
0.006	0.006	0.6
0.006	0.006	0.6
0.003	0.003	0.3
Media (intervallo)		
0.010	0.010	0.9
residuo effettivo* =	0.0025	
PEG 4000-300°C		

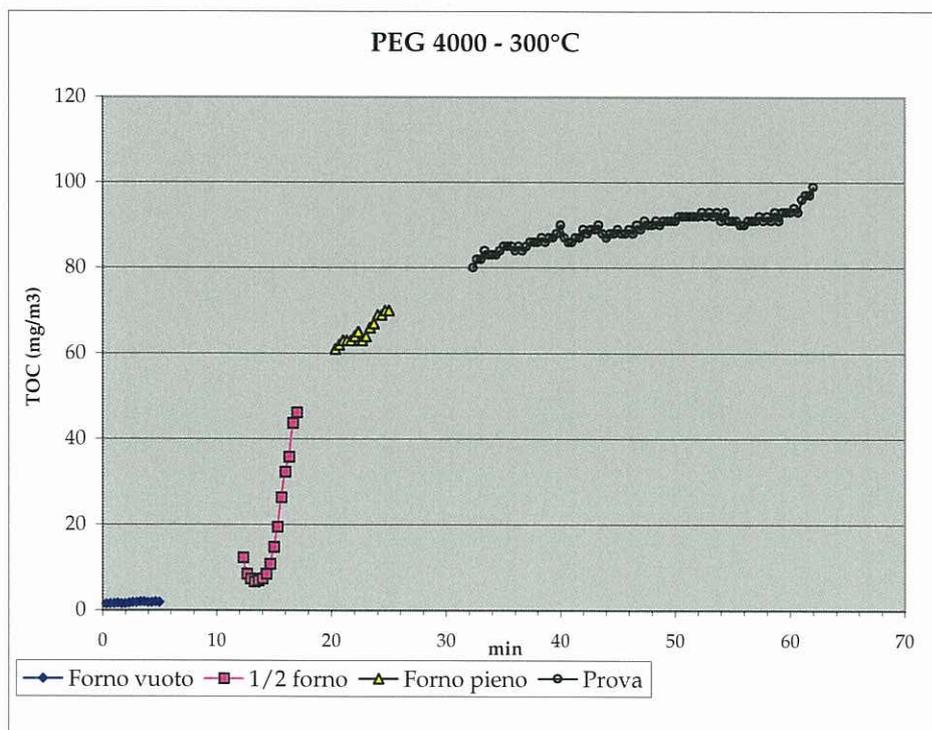
Tab. 6.23-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 32	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PEG 4000		Grammatura (teorica): 25 g/m ²		300°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.6 mm/min			Velocità impostata rulli: 182.9 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
8-1	10.36					
8-2						
8-3						
8-4						
8-5						
8-6						
8-7						
8-8						
8-9						
8-10						
8-11	10.50	forno pieno				
8-12						
8-13						
8-14						
8-15						
8-16						
8-17						
8-18						
8-19	11.03	11.04.30	3,124	22	0	PROVA
8-20						
8-21						
8-22						
8-23						
8-24						
8-25	11.13	11.14.30	3,325	22	0	
8-26						
8-27						
8-28						
8-29						
8-30	11.21					
8-31						
8-32		11.24.30	3,528	22	0	
8-33						
8-34						
8-35						
8-36						
8-37	11.32					
8-38		11.34.30	3,733	22	0	

NOTE: 1'36" per piastrella

Tab. 6.23-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC										
Prova (n°):		32		Additivo chimico: PEG 4000				Temperatura cottura: 300°C				
Inizio ore:		10.32		Fondo scala (*): 0.0				Fine ore: 11.34		[mg/m3]		
10.32/10.37h	F vuoto	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9	2.0	
2.0	1.9	1.9	2.0	1.9								
10.44/10.49h	1/2 forno	12.3	8.5	7.4	6.7	6.9	7.4	8.5	10.8	14.8	19.5	
26.3	32.3	35.8	43.7	46.2								
10.52/10.57h	F pieno	61	62	63	63	63	64	65	63	64	66	
67	69	69	70	70								
11.04/11.34h	Prova	80	82	82	84	83	83	83	84	85	85	
85	84	85	84	85	86	86	86	87	86	87	87	
88	90	87	86	86	87	87	89	88	89	89	90	
88	87	88	88	89	88	88	89	88	90	89	91	
90	90	91	90	91	91	91	91	92	92	92	92	
92	92	93	92	93	92	93	91	93	91	91	91	
90	90	91	91	91	92	91	92	91	93	91	93	
93	93	94	93	96	97	97	99					
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.										
		Valore medio/prova: 89.3 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)						
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.										



(Prova) (mg/m3)
 Valore medio: 89.3
 Valore minimo: 80.0
 Valore massimo: 99.0

Fig. 6.12 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico

Tab. 6.23-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: PEG 4000 (*)		Grammatura applic: 1,000 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
2-0	5	0	14	1.001
2-1	5	0	14	1.014
2-2	5	0	14	0.983
Note: (*) prodotto diluito al 25% in H2O.				

Tab. 6.23-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche							
		Scheda rilievo dati							
Prova (n°): 33	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: PEG 4000(*)		Grammatura (teorica): 25 g/m ²			700°C				
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]	
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g/pz]	[g/m ²]			
		[mm]		[g]					
-8-1	99.9	99.9	147.926	148.940	1.014	101.6		147.870	
-8-2	99.9	99.9	148.495	149.478	0.983	98.5		148.434	
-8-3	99.9	99.9	147.570	148.562	0.992	99.4		147.505	
-8-4	99.9	99.9	148.989	149.943	0.954	95.6		148.937	
-8-5	99.9	99.9	147.931	148.862	0.931	93.3		147.883	
-8-6	99.9	99.9	147.284	148.209	0.925	92.7		147.237	
-8-7	99.9	99.9	148.942	149.857	0.915	91.7		148.888	
-8-8	99.9	99.9	147.179	148.096	0.917	91.9		147.125	
-8-9	99.9	99.9	149.489	150.429	0.940	94.2		149.433	
-8-10	99.9	99.9	146.066	147.006	0.940	94.2		146.012	
-8-11	99.9	99.9	148.477	149.437	0.960	96.2		148.418	
-8-12	99.9	99.9	148.620	149.611	0.991	99.3		148.561	
-8-13	99.9	99.9	148.114	149.085	0.971	97.3		148.049	
-8-14	99.9	99.9	147.748	148.701	0.953	95.5		147.683	
-8-15	99.9	99.9	149.009	149.967	0.958	96.0		148.943	
-8-16	99.9	99.9	149.545	150.501	0.956	95.8		149.477	
-8-17	99.9	99.9	146.996	148.019	1.023	102.5		146.937	
-8-18	99.9	99.9	147.948	148.987	1.039	104.1		147.881	
-8-19	99.9	99.9	149.461	150.472	1.011	101.3		149.395	
-8-20	99.9	99.9	148.315	149.338	1.023	102.5		148.246	
-8-21	99.9	99.9	148.203	149.208	1.005	100.7		148.137	
-8-22	99.9	99.9	148.356	149.381	1.025	102.7		148.286	
-8-23	99.9	99.9	149.749	150.758	1.009	101.1		149.678	
-8-24	99.9	99.9	150.847	151.889	1.042	104.4		150.772	
-8-25	99.9	99.9	148.011	149.066	1.055	105.7		147.937	
-8-26	99.9	99.9	149.586	150.604	1.018	102.0		149.499	

Note: Grammatura media piastrella 19-26 [g/m²] = 102.6 1.61 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 1.024 0.016

(*) prodotto diluito al 25% in H₂O. Grammatura media effettiva piastrella 19-26 [g/m²] = 25.6 ; [g/pz] = 0.256

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.056	0.000	0
-0.061	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.052	0.000	0
-0.048	0.000	0
-0.047	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.056	0.000	0
-0.054	0.000	0
-0.059	0.000	0
-0.059	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.065	0.000	0
-0.066	0.000	0
-0.068	0.000	0
-0.059	0.000	0
-0.067	0.000	0
-0.066	0.000	0
-0.069	0.000	0
-0.066	0.000	0
-0.070	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.075	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.087	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.072	0.000	0.000
PEG 4000-700°C		

Tab. 6.23-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
		Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 33	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	PEG 4000	Grammatura (teorica): 25 g/m2			700°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 26.4 mm/min		Velocità impostata rulli: 78.7 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-8-1						
-8-2						
-8-3						
-8-4						
-8-5						
-8-6						
-8-7						
-8-8						
-8-9						
-8-10						
-8-11						
-8-12						
-8-13						
-8-14	14.39					
-8-15						
-8-16						
-8-17						
-8-18						
-8-19	14.55	14.56.00	8,719	22	0	PROVA
-8-20						
-8-21	15.05	15.06.00	9,031	22	0	
-8-22						
-8-23						
-8-24	15.16	15.17.00	9,372	22	0	
-8-25						
-8-26	15.24	15.26.00	9,650	22	0	
NOTE: 3'44" per piastrella						

Tab. 6.23-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC												
Prova (n°):		33		Additivo chimico:				PEG 4000		Temperatura cottura:		700°C		
Inizio ore:		13.35		Fondo scala (*):				3.3		Fine ore:		15.25		[mg/m3]
13.35/13.48h	F vuoto	7.6	7.8	8.1	8.3	8.9	8.8	9.2	9	9.1	9.2			
9.3	9.4	9.4	9.3	9.5	9.4	9.5	9.9	10.2	10.5	10.7	10.8			
11.1	11	11	11.4	11.3	11.4	11.5	11.4	11.2	11.2	11.1	10.8			
10.5	10.6	10.5	10.8	11.1										
14.10/14.18h	1/2 forno	80	85	82	75	76	75	73	68	72	73			
70	72	73	70	70	69	74	72	68	72	73	73			
71	70													
14.40/14.45h	F pieno	74	76	75	69	70	76	75	72	74	73			
74	72	74	74	68										
14.55/15.25h	Prova	75	73	72	71	73	72	71	71	70	69			
69	71	70	67	68	73	73	71	73	73	73	73			
76	75	70	71	77	76	75	76	76	77	76	79			
80	73	78	78	77	78	79	78	77	74	73	77			
74	76	79	82	80	80	82	81	80	81	80	81			
77	79	81	83	83	81	83	81	80	80	84	80			
77	79	80	81	81	85	82	81	82	83	84	78			
80	81	81	81	78	76	76	76							
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.												
		Valore medio/prova:				77.0 mg/m3		(tutti i dati sono lordi)						
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.												

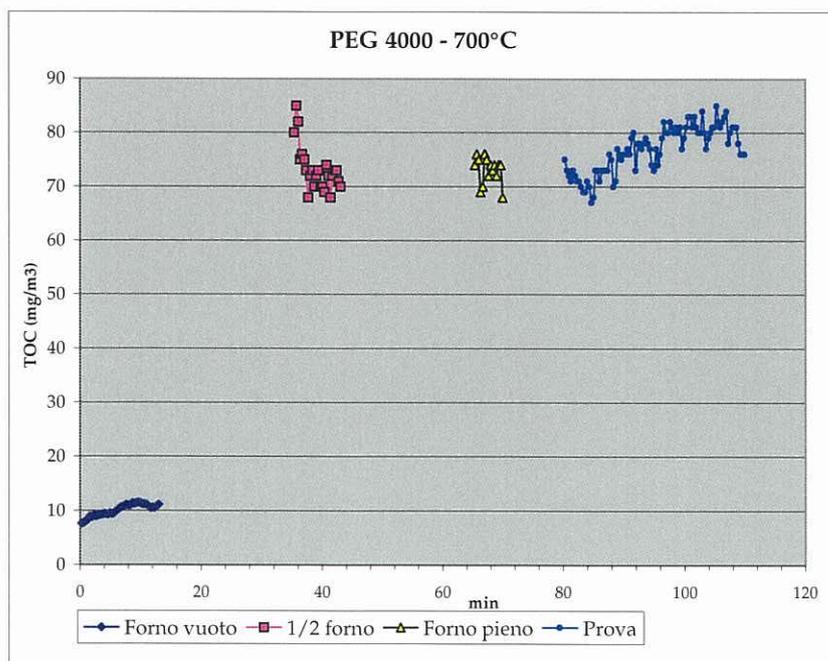


Fig. 6.13 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico

Tab. 6.24-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 8	Temperatura ambiente (°C): 15				Temperatura max cottura:			
Additivo chimico:	PAcr-Na		Grammatura (teorica):		11* g/m2		300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g/pz]	[g/m ²]		
	[mm]		[g]					
9-1	99.9	99.9	147.970	148.493	0.523	52.4		148.196
9-2	99.9	99.9	146.443	146.931	0.488	48.9		146.643
9-3	99.9	99.9	146.227	146.737	0.510	51.1		146.431
9-4	99.9	99.9	147.527	148.127	0.600	60.1		147.749
9-5	99.9	99.9	144.629	145.208	0.579	58.0		144.853
9-6	99.9	99.9	145.793	146.376	0.583	58.4		146.008
9-7	99.9	99.9	147.313	147.899	0.586	58.7		147.545
9-8	99.9	99.9	145.755	146.335	0.580	58.1		145.968
9-9	99.9	99.9	147.190	147.746	0.556	55.7		147.387
9-10	99.9	99.9	147.550	148.093	0.543	54.4		147.755
9-11	99.9	99.9	149.140	149.706	0.566	56.7		149.370
9-12	99.9	99.9	147.412	147.959	0.547	54.8		147.657
9-13	99.9	99.9	146.240	146.785	0.545	54.6		146.439
9-14	99.9	99.9	145.614	146.167	0.553	55.4		145.817
9-15	99.9	99.9	148.516	149.084	0.568	56.9		148.722
9-16	99.9	99.9	147.451	148.016	0.565	56.6		147.664
9-17	99.9	99.9	148.083	148.654	0.571	57.2		148.299
9-18	99.9	99.9	146.345	146.909	0.564	56.5		146.542
9-19	99.9	99.9	144.773	145.330	0.557	55.8		144.991
9-20	99.9	99.9	144.941	145.479	0.538	53.9		145.149
9-21	99.9	99.9	146.633	147.177	0.544	54.5		146.864
9-22	99.9	99.9	145.826	146.382	0.556	55.7		146.028
9-23	99.9	99.9	148.133	148.686	0.553	55.4		148.331
9-24	99.9	99.9	146.373	146.887	0.514	51.5		146.564
9-25	99.9	99.9	145.996	146.542	0.546	54.7		146.189
9-26	99.9	99.9	147.336	147.883	0.547	54.8		147.529
9-27	99.9	99.9	148.063	148.642	0.579	58.0		148.262
9-28	99.9	99.9	147.412	147.982	0.570	57.1		147.613
9-29	99.9	99.9	146.095	146.638	0.543	54.4		146.295
9-30	99.9	99.9	145.978	146.518	0.540	54.1		146.207
9-31	99.9	99.9	144.849	145.414	0.565	56.6		144.989
9-32	99.9	99.9	147.834	148.391	0.557	55.8		148.036
9-33	99.9	99.9	146.218	146.780	0.562	56.3		146.418
9-34	99.9	99.9	144.860	145.394	0.534	53.5		145.049
9-35	99.9	99.9	145.458	145.979	0.521	52.2		145.638
9-36	99.9	99.9	145.121	145.639	0.518	51.9		145.309
9-37	99.9	99.9	145.530	146.039	0.509	51.0		145.713
9-38	99.9	99.9	147.006	147.521	0.515	51.6		147.189
9-39	99.9	99.9	144.882	145.419	0.537	53.8		145.076
9-40	99.9	99.9	145.303	145.842	0.539	54.0		145.477
9-41	99.9	99.9	148.015	148.552	0.537	53.8		148.195
9-42	99.9	99.9	146.635	147.190	0.555	55.6		146.826
9-43	99.9	99.9	148.065	148.610	0.545	54.6		148.253
9-44	99.9	99.9	145.757	146.330	0.573	57.4		145.980
9-45	99.9	99.9	145.035	145.611	0.576	57.7		145.304

ΔP (Pcoito-Psecco) (g)	residuo additivo residuo (Pc - Ps) / gram appl x 100 (%)	
0.226	0.226	43.2
0.200	0.200	41.0
0.204	0.204	40.0
0.222	0.222	37.0
0.224	0.224	38.7
0.215	0.215	36.9
0.232	0.232	39.6
0.213	0.213	36.7
0.197	0.197	35.4
0.205	0.205	37.8
0.230	0.230	40.6
0.245	0.245	44.8
0.199	0.199	36.5
0.203	0.203	36.7
0.206	0.206	36.3
0.213	0.213	37.7
0.216	0.216	37.8
0.197	0.197	34.9
0.218	0.218	39.1
0.208	0.208	38.7
0.231	0.231	42.5
0.202	0.202	36.3
0.198	0.198	35.8
0.191	0.191	37.2
0.193	0.193	35.3
0.193	0.193	35.3
0.199	0.199	34.4
0.201	0.201	35.3
0.200	0.200	36.8
0.229	0.229	42.4
0.140	0.140	24.8
0.202	0.202	36.3
0.200	0.200	35.6
0.189	0.189	35.4
0.180	0.180	34.5
0.188	0.188	36.3
0.183	0.183	36.0
0.183	0.183	35.5
0.194	0.194	36.1
0.174	0.174	32.3
0.180	0.180	33.5
0.191	0.191	34.4
0.188	0.188	34.5
0.223	0.223	38.9
0.269	0.269	46.7
Media (intervallo)		
0.193	0.193	35.6
Residuo effettivo* = 0.039		
PAcr-Na-300°C		

Note:	Grammatura media piastrella 20-43 [g/m ²] = 54.4	1.783	(deviazione standard popolazione)
	[g/pz] = 0.543	0.0178	

(*) del principio attivo.

Tab. 6.24-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 8	Temperatura ambiente (°C): 16		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PACr-Na		Grammatura (teorica): 11*		g/m ²		300°C
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.8			mm/min		Velocità impostata rulli: 180.2 (tachimetro forno)	
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
9-1	10.17					
9-2						
9-3						
9-4						
9-5						
9-6						
9-7						
9-8						
9-9	10.39					
9-10						
9-11						
9-12	10.44					
9-13						
9-14						
9-15						
9-16						
9-17						
9-18						
9-19						
9-20	10.57	10.59.00	11434	14	-10	PROVA
9-21						
9-22						
9-23						
9-24	11.04					
9-25						
9-26						
9-27	11.09	11.10	11656	14	-10	
9-28						
9-29	11.12					
9-30						
9-31						
9-32						
9-33						
9-34	11.21	11.22	11897	14	-14	
9-35						
9-36						
9-37						
9-38						
9-39	11.29.20	11.28.25	12030	14	-14	
9-40		11.32.00	12099	14	-14	
9-41						
9-42						
9-43		11.39.20	12247	14	-14	

NOTE: l'37" per piastrella. (*) del principio attivo.

Tab. 6.24-d – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicat	PAcr-Na (*)		Grammatura teorica: 0.55 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-3	5	0	30	0.563
1-4	5	0	30	0.567
Note: (*) prodotto in soluzione al 20%. Grammatura principio attivo=0.11g/pz.				

Tab. 6.24-e – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 9	Temperatura ambiente (°C): 15			Temperatura max cottura:				
Additivo chimico:	PAcr-Na		Grammatura (teorica):		11* g/m2		500°C	
Campione [sigla]	Dimensione lato (a) lato (b) [mm]		Peso secco dopo applic. [g]		Grammatura applicata [g/pz] [g/m²]		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
9-1	99.9	99.9	148.181	148.717	0.536	53.7		148.198
9-2	99.9	99.9	146.383	146.885	0.502	50.3		146.397
9-3	99.9	99.9	147.126	147.649	0.523	52.4		147.145
9-4	99.9	99.9	145.817	146.359	0.542	54.3		145.833
9-5	99.9	99.9	144.884	145.404	0.520	52.1		144.904
9-6	99.9	99.9	145.485	145.994	0.509	51.0		145.501
9-7	99.9	99.9	146.134	146.678	0.544	54.5		146.152
9-8	99.9	99.9	145.870	146.401	0.531	53.2		145.884
9-9	99.9	99.9	144.274	144.790	0.516	51.7		144.293
9-10	99.9	99.9	144.711	145.241	0.530	53.1		144.729
9-11	99.9	99.9	147.834	148.391	0.557	55.8		147.855
9-12	99.9	99.9	148.620	149.155	0.535	53.6		148.640
9-13	99.9	99.9	144.608	145.153	0.545	54.6		144.629
9-14	99.9	99.9	147.051	147.602	0.551	55.2		147.074
9-15	99.9	99.9	149.814	150.359	0.545	54.6		149.836
9-16	99.9	99.9	147.928	148.490	0.562	56.3		147.958
9-17	99.9	99.9	148.147	148.685	0.538	53.9		148.184
9-18	99.9	99.9	147.153	147.698	0.545	54.6		147.194
9-19	99.9	99.9	146.345	146.894	0.549	55.0		146.379
9-20	99.9	99.9	147.028	147.578	0.550	55.1		147.062
9-21	99.9	99.9	146.915	147.449	0.534	53.5		146.949
9-22	99.9	99.9	145.677	146.223	0.546	54.7		145.710
9-23	99.9	99.9	143.937	144.514	0.577	57.8		143.974
9-24	99.9	99.9	146.421	146.997	0.576	57.7		146.455
9-25	99.9	99.9	145.564	146.117	0.553	55.4		145.592
9-26	99.9	99.9	146.551	147.115	0.564	56.5		146.583
9-27	99.9	99.9	148.183	148.738	0.555	55.6		
Note:	Grammatura media piastrella 15-25 [g/m²] = 55.3		1.3403 (deviazione standard popolazione)					
			[g/pz] = 0.552		0.0134			
(*) del principio attivo.								

ΔP (Pcotto-Psecco) [g]	residuo (Pc - Ps) / gram appl x 100 [%]	
additivo residuo (g)		
0.017	0.017	3.2
0.014	0.014	2.8
0.019	0.019	3.6
0.016	0.016	3.0
0.020	0.020	3.8
0.016	0.016	3.1
0.018	0.018	3.3
0.014	0.014	2.6
0.019	0.019	3.7
0.018	0.018	3.4
0.021	0.021	3.8
0.020	0.020	3.7
0.021	0.021	3.9
0.023	0.023	4.2
0.022	0.022	4.0
0.030	0.030	5.3
0.037	0.037	6.9
0.041	0.041	7.5
0.034	0.034	6.2
0.034	0.034	6.2
0.034	0.034	6.4
0.033	0.033	6.0
0.037	0.037	6.4
0.034	0.034	5.9
0.028	0.028	5.1
0.032	0.032	5.7
Media (intervallo)		
0.033	0.033	6.0
residuo effettivo* =	0.007	
PAcr-Na-500°C		

Tab. 6.24-f – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 9	Temperatura ambiente (°C): 15		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PACr-Na		Grammatura (teorica): 11 g/m ²				500°C
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 110.5 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
9-1	13.55					
9-2						
9-3						
9-4						
9-5						
9-6						
9-7						
9-8						
9-9						
9-10	14.21					
9-11						
9-12						
9-13	14.29					
9-14						
9-15	14.34	14.34.05	15780			PROVA
9-16		14.37.00	15827	18		
9-17						
9-18						
9-19						
9-20	14.48	14.49.30	16078			
9-21						
9-22						
9-23						
9-24						
9-25	15.02	15.03.15	16353	18		
9-26	15.05	15.05.30	16400			

NOTE: 2'44" per piastrella

Tab. 6.24-h – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 14	Temperatura ambiente (°C): 18			Grammatura (teorica): 11* g/m ²			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PAcr-Na							900°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
9-1	99.9	99.9	147.497	148.046	0.549	55.0		147.496
9-2	99.9	99.9	146.760	147.300	0.540	54.1		146.759
9-3	99.9	99.9	149.035	149.563	0.528	52.9		149.034
9-4	99.9	99.9	148.896	149.425	0.529	53.0		148.901
9-5	99.9	99.9	147.182	147.731	0.549	55.0		147.186
9-6	99.9	99.9	146.106	146.665	0.559	56.0		146.110
9-7	99.9	99.9	147.494	148.038	0.544	54.5		147.489
9-8	99.9	99.9	147.322	147.845	0.523	52.4		147.327
9-9	99.9	99.9	147.137	147.680	0.543	54.4		147.143
9-10	99.9	99.9	147.906	148.456	0.550	55.1		147.904
9-11	99.9	99.9	144.781	145.321	0.540	54.1		144.762
9-12	99.9	99.9	147.346	147.897	0.551	55.2		147.329
9-13	99.9	99.9	149.913	150.458	0.545	54.6		149.891
9-14	99.9	99.9	148.240	148.794	0.554	55.5		148.214
9-15	99.9	99.9	146.622	147.141	0.519	52.0		146.595
9-16	99.9	99.9	148.396	148.940	0.544	54.5		148.392
9-17	99.9	99.9	146.804	147.326	0.522	52.3		146.781
9-18	99.9	99.9	148.688	149.214	0.526	52.7		148.689
9-19	99.9	99.9	150.440	150.984	0.544	54.5		150.433
9-20	99.9	99.9	150.280	150.815	0.535	53.6		150.270
Note: Grammatura media piastrella 14-20 [g/m ²] = 53.6 1.2148 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.535 0.0121								
*principio attivo								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.001	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
0.005	0.005	0.9
0.004	0.004	0.7
0.004	0.004	0.7
-0.005	0.000	0.0
0.005	0.005	1.0
0.006	0.006	1.1
-0.002	0.000	0.0
-0.019	0.000	0.0
-0.017	0.000	0.0
-0.022	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.027	0.000	0.0
-0.004	0.000	0.0
-0.023	0.000	0.0
0.001	0.001	0.2
-0.007	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.014	0.000	0.0
PAcr-Na-900°C		

Tab. 6.24-i – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 14	Temperatura ambiente (°C): 18	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PAcr-Na	Grammatura (teorica): 11 g/m ²			900°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.6 mm/min		Velocità impostata rulli: 59.6 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
9-1	14.07					
9-2						
9-3						
9-4						
9-5						
9-6						
9-7						
9-8						
9-9						
9-10						
9-11						
9-12						
9-13						
9-14	15.11.40	15.12.00	30646	18		PROVA
9-15						
9-16						
9-17	15.26.16	15.27.00	30862	18		
9-18						
9-19	15.38	15.39.00	31034	18		
9-20		15.44.45	31120	18		
NOTE: 4'51" per piastrella						

Tab. 6.25-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 10	Temperatura ambiente (°C): 14			Temperatura max cottura:				
Additivo chimico:	CMC		Grammatura (teorica): 11 g/m2		300°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata (*)		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m²]		
X-1	99.9	99.9	143.564	145.733	2.169	217.3		143.677
X-2	99.9	99.9	148.343	150.470	2.127	213.1		148.458
X-3	99.9	99.9	147.665	149.833	2.168	217.2		147.787
X-4	99.9	99.9	149.168	151.191	2.023	202.7		149.287
X-5	99.9	99.9	146.256	148.319	2.063	206.7		146.384
X-6	99.9	99.9	147.904	150.078	2.174	217.8		148.024
X-7	99.9	99.9	144.671	146.839	2.168	217.2		144.789
X-8	99.9	99.9	147.537	149.671	2.134	213.8		147.658
X-9	99.9	99.9	146.807	149.029	2.222	222.6		146.932
X-10	99.9	99.9	145.341	147.468	2.127	213.1		145.479
X-11	99.9	99.9	147.340	149.459	2.119	212.3		147.482
X-12	99.9	99.9	143.719	145.802	2.083	208.7		143.848
X-13	99.9	99.9	145.513	147.706	2.193	219.7		145.652
X-14	99.9	99.9	147.077	149.205	2.128	213.2		147.210
X-15	99.9	99.9	146.844	149.035	2.191	219.5		146.970
X-16	99.9	99.9	146.823	149.034	2.211	221.5		146.947
X-17	99.9	99.9	148.503	150.629	2.126	213.0		148.635
X-18	99.9	99.9	145.322	147.513	2.191	219.5		145.450
X-19	99.9	99.9	146.728	148.944	2.216	222.0		146.865
X-20	99.9	99.9	147.720	149.929	2.209	221.3		147.851
X-21	99.9	99.9	146.522	148.666	2.144	214.8		146.649
X-22	99.9	99.9	146.213	148.420	2.207	221.1		146.348
X-23	99.9	99.9	147.739	149.951	2.212	221.6		147.867
X-24	99.9	99.9	148.771	151.089	2.318	232.3		148.900
X-25	99.9	99.9	143.833	146.044	2.211	221.5		143.975
X-26	99.9	99.9	143.129	145.195	2.066	207.0		143.261
X-27	99.9	99.9	144.749	146.928	2.179	218.3		144.878
X-28	99.9	99.9	145.713	147.847	2.134	213.8		145.842
X-29	99.9	99.9	146.552	148.713	2.161	216.5		146.685
X-30	99.9	99.9	145.730	147.915	2.185	218.9		145.865
X-31	99.9	99.9	146.269	148.421	2.152	215.6		146.396
X-32	99.9	99.9	144.625	146.852	2.227	223.1		144.759
X-33	99.9	99.9	143.639	145.775	2.136	214.0		143.755
X-34	99.9	99.9	145.415	147.567	2.152	215.6		145.543
X-35	99.9	99.9	144.535	146.006	1.471	147.4		144.622

ΔP (Pcotto - Psecco)	residuo additivo residuo (residuo) / gram appl x 100	
(g)	(g)	(%)
0.113	0.113	5.2
0.115	0.115	5.4
0.122	0.122	5.6
0.119	0.119	5.9
0.128	0.128	6.2
0.120	0.120	5.5
0.118	0.118	5.4
0.121	0.121	5.7
0.125	0.125	5.6
0.138	0.138	6.5
0.142	0.142	6.7
0.129	0.129	6.2
0.139	0.139	6.3
0.133	0.133	6.3
0.126	0.126	5.8
0.124	0.124	5.6
0.132	0.132	6.2
0.128	0.128	5.8
0.137	0.137	6.2
0.131	0.131	5.9
0.127	0.127	5.9
0.135	0.135	6.1
0.128	0.128	5.8
0.129	0.129	5.6
0.142	0.142	6.4
0.132	0.132	6.4
0.129	0.129	5.9
0.129	0.129	6.0
0.133	0.133	6.2
0.135	0.135	6.2
0.127	0.127	5.9
0.134	0.134	6.0
0.116	0.116	5.4
0.128	0.128	5.9
0.087	0.087	5.9
Media (intervallo)		
0.128	0.128	6.0
residuo effettivo* =	0.0064	
CMC-300°C		

Note:	Grammatura media piastrella 16-35 [g/m²] = 215.0	16.298 (deviazione standard popolazione)
	[g/pz] = 2.145	0.1627
piastrella x-35: ugello di spruzzo bloccato.		* Additivo in soluzione al 5%.

Tab. 6.25-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 10	Temperatura ambiente (°C): 14		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: CMC		Grammatura (teorica): 11 g/m2			300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.8 mm/min			Velocità impostata rulli: 184 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
X-1	10.39					
X-2						
X-3						
X-4						
X-5						
X-6						
X-7						
X-8						
X-9						
X-10						
X-11						
X-12						
X-13						
X-14						
X-15						
X-16	11.03.23	11.04	19060	12	0	PROVA
X-17						
X-18						
X-19						
X-20						
X-21						
X-22						
X-23	11.13	11.13.45	19252	12		
X-24						
X-25						
X-26						
X-27						
X-28	11.23	11.23.45	19450	14		
X-29						
X-30	11.26.13					
X-31						
X-32						
X-33	11.31.06	11.31.45	19609	14		
X-34						
X-35	11.34.29	11.34.45	19668	14		

NOTE: 1'37" per piastrella
Il forno è stato scaldato a 1200°C per 3 h un giorno prima.

Tab. 6.25-d – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	CMC (*)		Grammatura teorica: 2.200 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
7-2	5.0	0	15.30	2.274
7-3	5.0	0	15.30	2.260
7-4	5.0	0	15.30	2.281
Note: 2 passaggi per la linea di applicazione.				
(*) Additivi in soluzioni acquose al 5%.				

Tab. 6.25-e – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 11		Temperatura ambiente (°C): 14			Temperatura max cottura:			
Additivo chimico:		CMC (*)		Grammatura (teorica): 11 g/m2			500°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata (*)		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m²]		
X-1	99.9	99.9	147.362	149.636	2.274	227.9	max 3 min	n.r.
X-2	99.9	99.9	145.093	147.353	2.260	226.5		n.r.
X-3	99.9	99.9	143.826	146.107	2.281	228.6		143.772
X-4	99.9	99.9	144.007	146.234	2.227	223.1		143.938
X-5	99.9	99.9	144.406	146.642	2.236	224.0		144.350
X-6	99.9	99.9	144.412	146.661	2.249	225.4		144.366
X-7	99.9	99.9	145.890	148.162	2.272	227.7		145.834
X-8	99.9	99.9	149.374	151.609	2.235	223.9		n.r.
X-9	99.9	99.9	145.924	148.171	2.247	225.2		145.880
X-10	99.9	99.9	147.786	150.003	2.217	222.1		n.r.
X-11	99.9	99.9	148.246	150.455	2.209	221.3		148.095
X-12	99.9	99.9	143.676	145.909	2.233	223.7		n.r.
X-13	99.9	99.9	144.017	146.215	2.198	220.2		143.970
X-14	99.9	99.9	144.742	147.028	2.286	229.1		n.r.
X-15	99.9	99.9	145.748	147.952	2.204	220.8		n.r.
X-16	99.9	99.9	147.888	150.136	2.248	225.3		147.825
X-17	99.9	99.9	147.490	149.681	2.191	219.5		147.438
X-18	99.9	99.9	145.981	148.213	2.232	223.6		145.935
X-19	99.9	99.9	147.606	149.844	2.238	224.2		n.r.
X-20	99.9	99.9	147.026	149.284	2.258	226.3		146.944
X-21	99.9	99.9	145.697	147.927	2.230	223.4		145.621
X-22	99.9	99.9	146.692	148.956	2.264	226.9		146.648
X-23	99.9	99.9	146.400	148.603	2.203	220.7		146.353
X-24	99.9	99.9	143.605	145.822	2.217	222.1		143.572
X-25	99.9	99.9	145.073	147.324	2.251	225.6		145.041
X-26	99.9	99.9	147.182	149.420	2.238	224.2		147.147

Note: Grammatura media piastrella 15-26 [g/m²] = 223.6 2.2247 (deviazione standard popolazione)

[g/pz] = 2.231 0.0222

* Additivo in soluzione al 5%. Piastrelle X-1, 2, 8, 10, 12, 14, 15, 19 rotte dopo cottura.

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.054	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.056	0.000	0.0
-0.046	0.000	0.0
-0.056	0.000	0.0
-0.044	0.000	0.0
-0.151	0.000	0.0
-0.047	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.052	0.000	0.0
-0.046	0.000	0.0
-0.082	0.000	0.0
-0.076	0.000	0.0
-0.044	0.000	0.0
-0.047	0.000	0.0
-0.033	0.000	0.0
-0.032	0.000	0.0
-0.035	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.051	0.000	0.0
CMC-500°C		

Tab. 6.25-f – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 11	Temperatura ambiente (°C): 14		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: CMC		Grammatura (teorica): 11 g/m2			500°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 111 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
X-1	13.14					
X-2						
X-3						
X-4						
X-5						
X-6						
X-7						
X-8						
X-9						
X-10						
X-11						
X-12						
X-13						
X-14						
X-15	13.52	13.52.30	22396	14		PROVA
X-16						
X-17						
X-18						
X-19	14.01	14.02.00	22583	14		
X-20						
X-21						
X-22						
X-23						
X-24	14.16	14.17.30	22888			
X-25						
X-26	14.22	14.23.00	22996			

NOTE: 2'44" per piastrella

Tab. 6.25-g – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: CMC (*)		Grammatura teorica: 2.200 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5	0	16.0	2.090
2-0	5	0	15.0	2.280
3-0	5	0	15.5	2.185
3-1	5	0	15.5	2.240
Note: (*) in soluzione al 5% in H2O.				

Tab. 6.25-i – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 35	Temperatura ambiente (°C): 20		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: CMC		Grammatura (teorica): 11 g/m2		900°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 59.8 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
10-1	14.18					
10-2						
10-3						
10-4	14.33					
10-5						
10-6						
10-7						
10-8						
10-9	14.58					
10-10						
10-11						
10-12						
10-13						
10-14	15.22					
10-15						
10-16						
10-17	15.36	15.36.30	13,250	23	0	PROVA
10-18						
10-19						
10-20						
10-21						
10-22	16.02	16.06.30	14,209	23	0	

NOTE: 4'54" per piastrella

Tab. 6.25-j – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC																					
Prova (n°):		35		Additivo chimico:				CMC				Temperatura cottura:				900°C							
Inizio ore:		14.08		Fondo scala (*):				0.6				Fine ore:				16.06				[mg/m3]			
14.08/14.13h	F vuoto	0.8	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
0.6	0.6	0.4	0.5	0.6																			
14.44/14.49h	1/2 forno	6.8	6.8	6.7	6.7	6.4	6.4	6.4	6.4	6.5	6.7	6.4											
6.4	6.4	6.5	6.5	6.4																			
15.07/15.20h	3/4 - pieno	7.3	7.4	7.4	7.1	7.1	7.2	7.3	7.2	7.1	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.1	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3		
7.2	7.2	7.1	7.2	7.1	7.1	7.2	7	6.8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
7	7.1	7.1	7.2	7.3	7.5	7.5	7.6	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8		
7.8	7.6	7.7	7.7	7.6	7.5																		
15.36/16.06h	Prova	7.9	7.5	7.6	7.4	7.1	7.4	7.1	7	7	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1		
7.3	7.4	7.5	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	7.6	7.7	7.7	7.6	7.7	7.7	7.6	7.7	7.7	7.6	7.7	7.7	7.6	7.6		
7.5	7.8	7.7	7.3	7.3	7.5	7.4	7.3	7.3	7.5	7.3	7.3	7.5	7.3	7.3	7.5	7.3	7.2	7.3	7.3	7.2	7.2		
7.4	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1	8.2	8.7	8.6	8.5	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4		
8.4	8.8	8.6	8.5	8.4	8.3	8.2	7.9	7.7	7.4	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1		
6.9	6.9	6.9	6.8	6.7	6.6	6.7	6.6	6.7	6.6	6.6	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9		
6.9	7.1	7.4	7.4	7.5	7.5	7.9	7.8	7.6	7.4	7.6	7.4	7.6	7.4	7.6	7.4	7.6	7.4	7.6	7.4	7.6	7.4		
7.3	7.1	7	7.1	7.2	7.3	7.8	8.2																

Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente.
 Valore medio/prova: 7.5 mg/m3 (tutti i dati sono lordi)
 La lettura del TOC avviene ogni 20s.

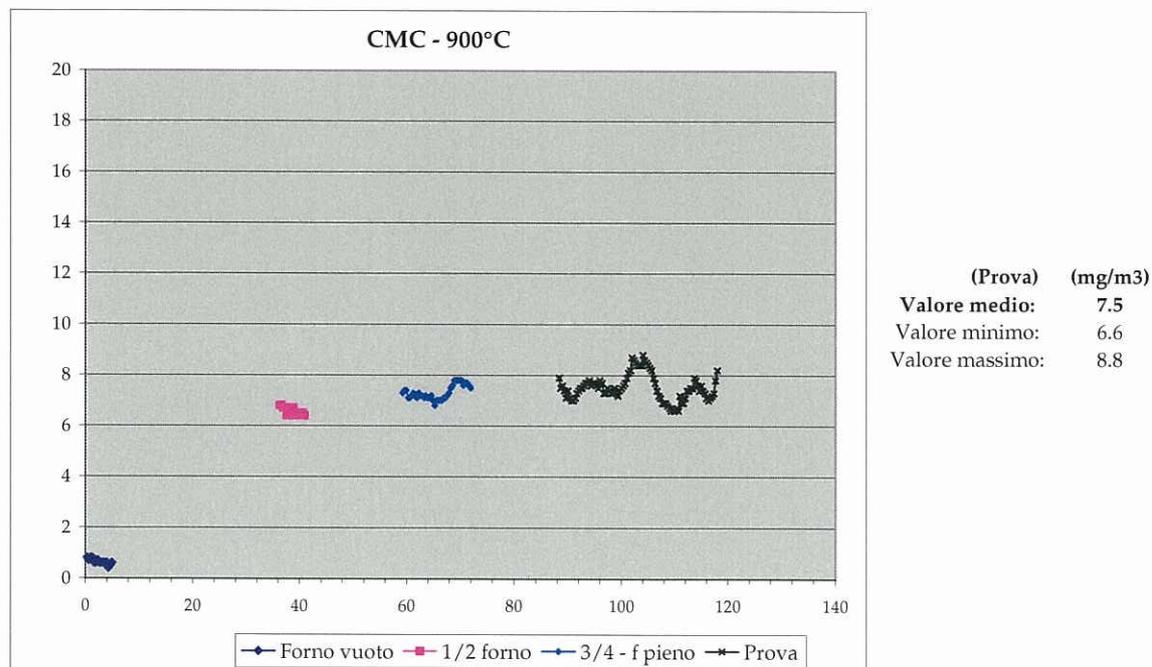


Fig. 6.14 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.26-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 41	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	DES		Grammatura (teorica): 11 g/m2		300°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g/pz]	[g/m ²]		
	[mm]		[g]					
11-1	99.9	99.9	148.617	149.193	0.576	57.7		148.704
11-2	99.9	99.9	147.562	148.145	0.583	58.4		147.650
11-3	99.9	99.9	149.865	150.450	0.585	58.6		149.958
11-4	99.9	99.9	150.380	150.943	0.563	56.4		150.463
11-5	99.9	99.9	148.689	149.268	0.579	58.0		148.783
11-6	99.9	99.9	147.626	148.206	0.580	58.1		147.722
11-7	99.9	99.9	148.198	148.757	0.559	56.0		148.292
11-8	99.9	99.9	146.922	147.452	0.530	53.1		147.006
11-9	99.9	99.9	148.648	149.186	0.538	53.9		148.738
11-10	99.9	99.9	147.068	147.623	0.555	55.6		147.161
11-11	99.9	99.9	148.562	149.124	0.562	56.3		148.657
11-12	99.9	99.9	147.279	147.853	0.574	57.5		147.364
11-13	99.9	99.9	148.734	149.318	0.584	58.5		148.825
11-14	99.9	99.9	148.571	149.140	0.569	57.0		148.663
11-15	99.9	99.9	146.936	147.533	0.597	59.8		147.030
11-16	99.9	99.9	149.468	150.057	0.589	59.0		149.560
11-17	99.9	99.9	148.864	149.410	0.546	54.7		148.945
11-18	99.9	99.9	150.081	150.647	0.566	56.7		150.169
11-19	99.9	99.9	150.503	151.072	0.569	57.0		150.590
11-20	99.9	99.9	147.303	147.853	0.550	55.1		147.385
11-21	99.9	99.9	147.921	148.488	0.567	56.8		148.006
11-22	99.9	99.9	148.863	149.418	0.555	55.6		148.951
11-23	99.9	99.9	148.278	148.847	0.569	57.0		148.361
11-24	99.9	99.9	149.899	150.439	0.540	54.1		149.983
11-25	99.9	99.9	148.357	148.931	0.574	57.5		148.447
11-26	99.9	99.9	147.838	148.424	0.586	58.7		147.929
11-27	99.9	99.9	148.618	149.172	0.554	55.5		148.703
11-28	99.9	99.9	148.616	149.168	0.552	55.3		148.700
11-29	99.9	99.9	147.614	148.206	0.592	59.3		147.708
11-30	99.9	99.9	147.277	147.882	0.605	60.6		147.370
11-31	99.9	99.9	149.217	149.776	0.559	56.0		149.301
11-32	99.9	99.9	147.896	148.472	0.576	57.7		147.992
11-33	99.9	99.9	148.480	149.078	0.598	59.9		148.575
11-34	99.9	99.9	148.760	149.333	0.573	57.4		148.849
11-35	99.9	99.9	147.668	148.213	0.545	54.6		147.757
11-36	99.9	99.9	146.174	146.746	0.572	57.3		146.268
11-37	99.9	99.9	148.945	149.511	0.566	56.7		149.033
11-38	99.9	99.9	148.910	149.517	0.607	60.8		149.007
11-39	99.9	99.9	150.774	151.366	0.592	59.3		150.867
11-40	99.9	99.9	147.835	148.433	0.598	59.9		147.928
11-41	99.9	99.9	149.595	150.159	0.564	56.5		149.676
11-42	99.9	99.9	147.103	147.695	0.592	59.3		147.188

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
0.087	0.087	15.1
0.088	0.088	15.1
0.093	0.093	15.9
0.083	0.083	14.7
0.094	0.094	16.2
0.096	0.096	16.6
0.094	0.094	16.8
0.084	0.084	15.8
0.090	0.090	16.7
0.093	0.093	16.8
0.095	0.095	16.9
0.085	0.085	14.8
0.091	0.091	15.6
0.092	0.092	16.2
0.094	0.094	15.7
0.092	0.092	15.6
0.081	0.081	14.8
0.088	0.088	15.5
0.087	0.087	15.3
0.082	0.082	14.9
0.085	0.085	15.0
0.088	0.088	15.9
0.083	0.083	14.6
0.084	0.084	15.6
0.090	0.090	15.7
0.091	0.091	15.5
0.085	0.085	15.3
0.084	0.084	15.2
0.094	0.094	15.9
0.093	0.093	15.4
0.084	0.084	15.0
0.096	0.096	16.7
0.095	0.095	15.9
0.089	0.089	15.5
0.089	0.089	16.3
0.094	0.094	16.4
0.088	0.088	15.5
0.097	0.097	16.0
0.093	0.093	15.7
0.093	0.093	15.6
0.081	0.081	14.4
0.085	0.085	14.4
Media (intervallo)		
0.089	0.089	15.5
residuo effettivo (g)	0.018	
DES-300°C		

Note: Grammatura media piastrella 23-42 [g/m²] = 57.7 1.95 (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.576 0.0194

(*) prodotto diluito al 20% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 23-42 [g/m2] = 11.5 ; [g/pz] = 0.115

Tab. 6.26-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 41	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DES		Grammatura (teorica): 11 g/m2		Temperatura max cottura: 300°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.6 mm/min			Velocità impostata rulli: 183.2 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
11-1	10.34					
11-2						
11-3						
11-4						
11-5						
11-6						
11-7	10.43					
11-8						
11-9						
11-10						
11-11						
11-12	10.51					
11-13						
11-14	10.55					
11-15						
11-16						
11-17						
11-18						
11-19						
11-20						
11-21						
11-22						
11-23	11.09	11.10.30	50,028	26	0	PROVA
11-24						
11-25						
11-26						
11-27						
11-28						
11-29	11.18	11.19.30	50,269	26	0	
11-30	11.20					
11-31						
11-32						
11-33						
11-34	11.26					
11-35						
11-36	11.30	11.30.30	50,562	26	0	
11-37						
11-38	11.33					
11-39						
11-40	11.36					
11-41						
11-42	11.39	11.40.30	50,830	26	0	

NOTE: l'36" per piastrella

Tab. 6.26-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		41		Additivo chimico:				DES		Temperatura cottura:		300°C			
Inizio ore:		10.30		Fondo scala (*):				1.0		Fine ore:		11.39		[mg/m3]	
10.30/10.35h	F vuoto	1.3	1.3	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4			
		1.3	1.3	1.2	1.3	1.3									
10.42/10.47h	1/2 forno	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2	2.1	2.2	2.2	2.3			
		2.3	2.3	2.5	2.4	2.3									
10.51/10.56h	3/4-pieno	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1		
		2.2	2.2	2.2	2.3	2.2									
11.09/11.39h	Prova	2.8	3.2	2.9	2.7	2.7	2.7	2.9	3	3.1	3.7	3.2			
		3.2	3.2	6.4	3.4	3.2	3.1	3	3	3.1	3.1	2.9			
		2.9	2.9	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.7	2.8	2.8	2.7			
		2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.6	2.8	2.9	2.9			
		2.7	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.8			
		2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.6	2.9	3	2.9			
		3	2.8	2.9	2.8	2.9	3	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8			
		2.7	2.7	3	3	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8					
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		2.9 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)									
La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

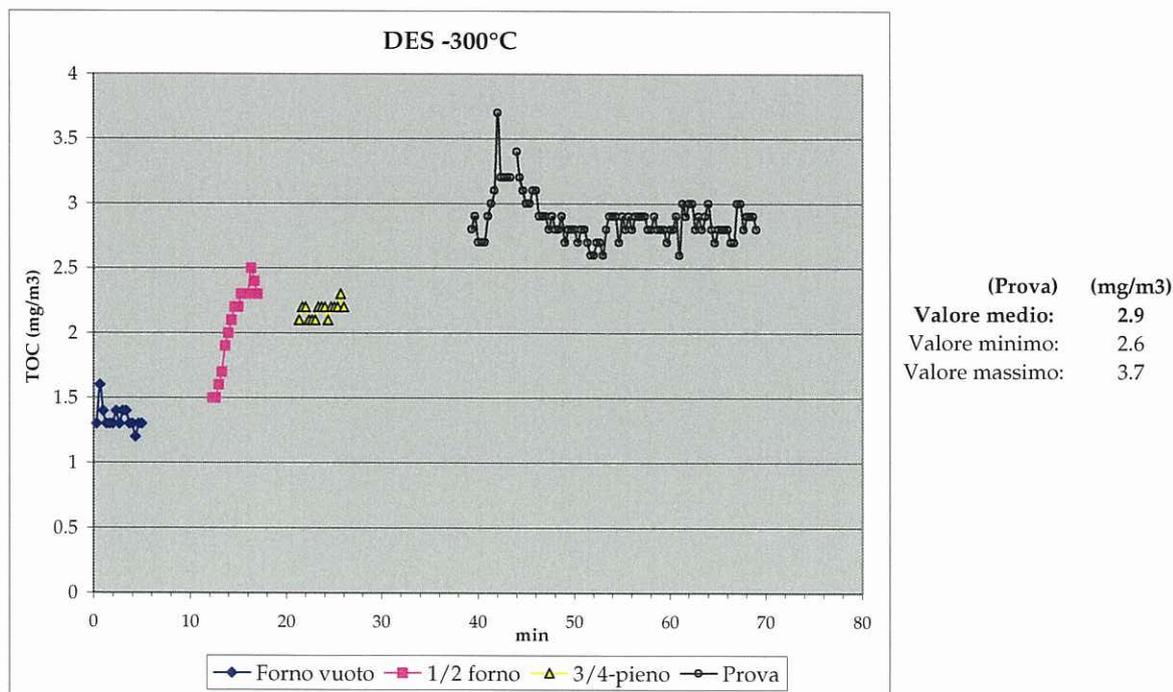


Fig. 6.15 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID - campionamento simultaneo.

Tab. 6.26-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: DES (*)		Grammatura teorica: 0.55 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5	0	35.7	0.576
1-4	5	0	n.r.	0.600
1-5	5	0	n.r.	0.593
1-6	5	0	n.r.	0.520
1-7	5	0	n.r.	0.580
Note: (*) in soluzione al 20% in H ₂ O.				

Tab. 6.26-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Prova (n°): 42		Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:		DES (*)		Grammatura (teorica): 11 g/m ²			900°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-11-1	99.9	99.9	147.663	148.272	0.609	61.0		147.591
-11-2	99.9	99.9	149.556	150.156	0.600	60.1		149.488
-11-3	99.9	99.9	147.941	148.534	0.593	59.4		147.874
-11-4	99.9	99.9	150.977	151.497	0.520	52.1		150.909
-11-5	99.9	99.9	149.470	150.050	0.580	58.1		149.400
-11-6	99.9	99.9	149.750	150.311	0.561	56.2		149.679
-11-7	99.9	99.9	150.755	151.279	0.524	52.5		150.681
-11-8	99.9	99.9	147.735	148.333	0.598	59.9		147.662
-11-9	99.9	99.9	148.962	149.520	0.558	55.9		148.890
-11-10	99.9	99.9	147.245	147.811	0.566	56.7		147.169
-11-11	99.9	99.9	148.500	149.079	0.579	58.0		148.426
-11-12	99.9	99.9	147.162	147.732	0.570	57.1		147.086
-11-13	99.9	99.9	147.863	148.462	0.599	60.0		147.787
-11-14	99.9	99.9	149.054	149.652	0.598	59.9		148.978
-11-15	99.9	99.9	147.716	148.315	0.599	60.0		147.645
-11-16	99.9	99.9	146.968	147.501	0.533	53.4		146.884
-11-17	99.9	99.9	146.444	146.999	0.555	55.6		146.370
-11-18	99.9	99.9	150.113	150.679	0.566	56.7		150.041
-11-19	99.9	99.9	148.480	149.026	0.546	54.7		148.407
-11-20	99.9	99.9	146.755	147.343	0.588	58.9		146.680
-11-21	99.9	99.9	146.611	147.201	0.590	59.1		146.534
-11-22	99.9	99.9	149.204	149.797	0.593	59.4		149.122
-11-23	99.9	99.9	148.316	148.845	0.529	53.0		148.232
-11-24	99.9	99.9	148.668	149.236	0.568	56.9		148.543
Note:		Grammatura media piastrella 18-24 [g/m ²] = 57.0 2.25 (deviazione standard popolazione)						
		[g/pz] = 0.569 0.0224						
(*) prodotto diluito al 20% in H ₂ O.		Grammatura media effettiva piastrella 18-24 [g/m ²] = 11.4 ; [g/pz] = 0.114						

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.072	0.000	0
-0.068	0.000	0
-0.067	0.000	0
-0.068	0.000	0
-0.070	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.072	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.074	0.000	0
-0.072	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.075	0.000	0
-0.077	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.125	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.084	0.000	0.0
DES-900°C		

Tab. 6.26-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 42	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: DES		Grammatura (teorica): 11 g/m2			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.3 mm/min		Velocità impostata rulli: 59.6 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-11-1	14.13					
-11-2						
-11-3						
-11-4						
-11-5	14.34					
-11-6						
-11-7						
-11-8						
-11-9						
-11-10						
-11-11						
-11-12						
-11-13						
-11-14						
-11-15						
-11-16						
-11-17						
-11-18	15.39	15.39.30	7,256	27	0	PROVA
-11-19						
-11-20						
-11-21						
-11-22						
-11-23						
-11-24	16.09	16.09.30	8,132	27	0	

NOTE: 4'51" per piastrella

Tab. 6.26-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		42		Additivo chimico:				DES		Temperatura cottura:		900°C			
Inizio ore:		14.07		Fondo scala (*):				0.8		Fine ore:		16.08		[mg/m3]	
14.07/14.12h	F vuoto	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4		
	0.4	0.3	0.4	0.5	0.3										
14.43/14.48h	1/2 forno	11.8	11.6	11.8	12.3	12.4	12.6	12.4	13	13.3	13.6				
	13.3	13.3	13.5	12.8	12.9										
15.18/15.23h	3/4-pieno	14.8	15	15	15.1	15.3	15.3	15.4	15.2	15.5	15.6				
	15.7	15.8	16.2	16.3	16.4										
15.38/16.08h	Prova	15.9	15.9	15.6	15.6	15.8	16.4	16.4	16.7	16.4	16.7				
	16.7	16.7	17.1	17.1	16.7	16.1	15.8	16.1	15.8	15.5	15.5	15.6			
	15.2	14.9	16.8	15.3	15.1	15.8	15.2	14.7	15.2	15.9	16.6	14.7			
	15.3	15.1	15.5	15.3	15.6	15.4	15.2	15.8	15.6	15.5	15.3	16.7			
	17.8	18	18.1	18.1	18	18.1	17.9	18.4	18.4	18.8	15.9	18.6			
	18.7	18.7	19.1	18.3	18.4	18.2	18.8	18.8	18.7	18.4	18	18.3			
	18.4	18.4	19.3	18.9	18.6	18.1	18.2	18.6	18.5	18.8	18.6	19.1			
	18.7	18.6	17.7	17.7	17.5	17.8	18.5	18							
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova:				17.0 mg/m3		(tutti i dati sono lordi)							
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

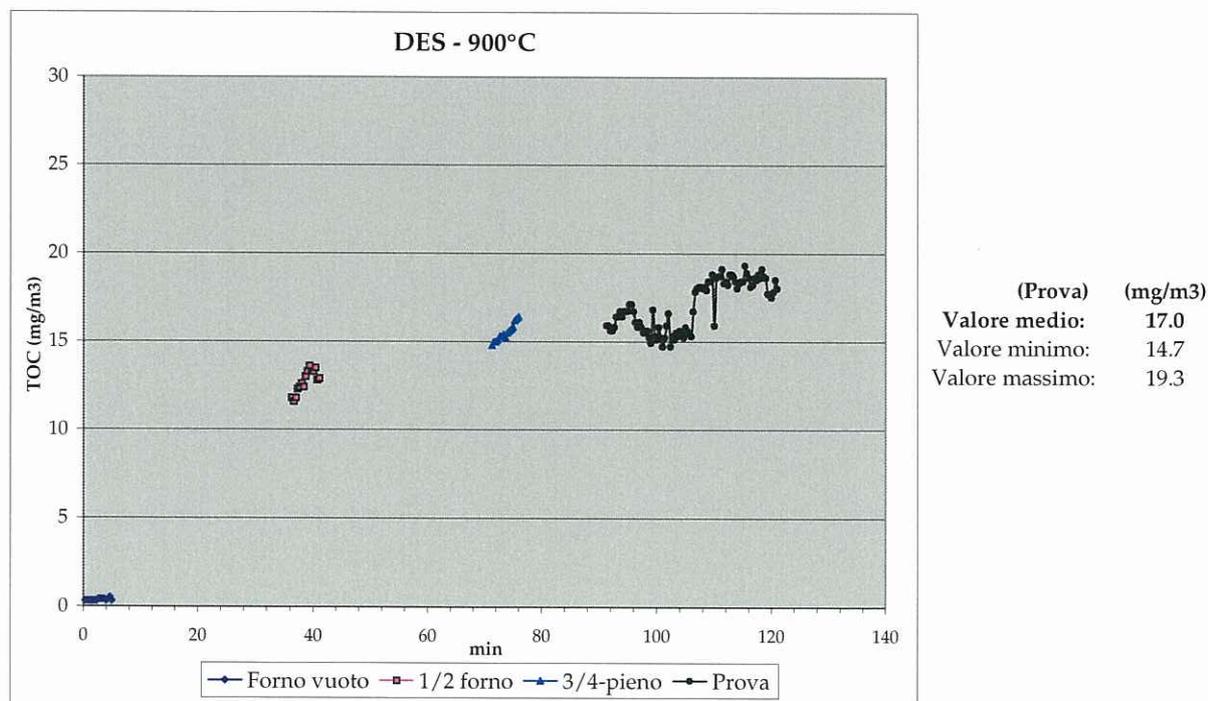


Fig. 6.16 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID - campionamento simultaneo.

Tab. 6.27-a – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: ACRM (*)		Grammatura teorica: 2.200 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5	0	15.3	2.274
1-1	5	0	15.3	2.402
2-0	5	0	16.0	2.355
2-1	5	0	16.0	2.388
3-0	5	0	16.5	2.265
3-1	5	0	16.5	2.250
Note: (*) in soluzione al 5% in H2O.				

Tab. 6.27-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 34	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	ACRM (*)		Grammatura (teorica):		11 g/m2		300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b)	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
12-1	99.9	99.9	148.132	150.233	2.101	210.5		148.235
12-2	99.9	99.9	146.758	148.826	2.068	207.2		146.864
12-3	99.9	99.9	147.454	149.508	2.054	205.8		147.559
12-4	99.9	99.9	148.157	150.481	2.324	232.9		148.280
12-5	99.9	99.9	147.452	149.648	2.196	220.0		147.552
12-6	99.9	99.9	147.739	150.010	2.271	227.6		147.863
12-7	99.9	99.9	146.758	149.061	2.303	230.8		146.876
12-8	99.9	99.9	149.070	151.350	2.280	228.5		149.191
12-9	99.9	99.9	147.103	149.406	2.303	230.8		147.223
12-10	99.9	99.9	147.499	149.761	2.262	226.7		147.616
12-11	99.9	99.9	148.125	150.374	2.249	225.4		148.239
12-12	99.9	99.9	148.888	151.234	2.346	235.1		149.009
12-13	99.9	99.9	146.391	148.752	2.361	236.6		146.513
12-14	99.9	99.9	147.965	150.286	2.321	232.6		148.084
12-15	99.9	99.9	147.529	149.808	2.279	228.4		147.646
12-16	99.9	99.9	146.766	149.076	2.310	231.5		146.886
12-17	99.9	99.9	147.949	150.277	2.328	233.3		148.071
12-18	99.9	99.9	147.822	150.103	2.281	228.6		147.939
12-19	99.9	99.9	149.989	152.369	2.380	238.5		150.111
12-20	99.9	99.9	147.769	150.006	2.237	224.1		147.882
12-21	99.9	99.9	146.314	148.609	2.295	230.0		146.428
12-22	99.9	99.9	148.637	151.000	2.363	236.8		148.755
12-23	99.9	99.9	146.909	149.279	2.370	237.5		147.030
12-24	99.9	99.9	145.680	147.970	2.290	229.5		145.798
12-25	99.9	99.9	148.146	150.453	2.307	231.2		148.261
12-26	99.9	99.9	147.042	149.396	2.354	235.9		147.158
12-27	99.9	99.9	148.148	150.424	2.276	228.1		148.265
12-28	99.9	99.9	149.897	152.156	2.259	226.4		150.013
12-29	99.9	99.9	149.199	151.539	2.340	234.5		149.314
12-30	99.9	99.9	147.682	149.981	2.299	230.4		147.795
12-31	99.9	99.9	149.379	151.679	2.300	230.5		149.499
12-32	99.9	99.9	147.631	149.897	2.266	227.1		147.749
12-33	99.9	99.9	147.594	149.818	2.224	222.8		147.712
12-34	99.9	99.9	147.937	150.220	2.283	228.8		148.054
12-35	99.9	99.9	146.532	148.878	2.346	235.1		146.654
12-36	99.9	99.9	146.906	149.243	2.337	234.2		147.030
12-37	99.9	99.9	147.982	150.396	2.414	241.9		148.109
12-38	99.9	99.9	149.889	152.186	2.297	230.2		150.008
12-39	99.9	99.9	147.375	149.722	2.347	235.2		147.495
12-40	99.9	99.9	147.973	150.353	2.380	238.5		148.094
12-41	99.9	99.9	147.461	149.763	2.302	230.7		147.582
12-42	99.9	99.9	146.374	148.745	2.371	237.6		146.502
12-43	99.9	99.9	146.573	148.920	2.347	235.2		146.692
12-44	99.9	99.9	146.628	148.916	2.288	229.3		146.745
12-45	99.9	99.9	148.075	150.418	2.343	234.8		148.197
12-46	99.9	99.9	148.700	151.053	2.353	235.8		148.813
Note:	Grammatura media piastrella 27-46 [g/m ²] = 232.3 4.55 (deviazione standard popolazione)							
	[g/pz] = 2.319 0.045							
(*) prodotto diluito al 5% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 27-46 [g/m2] = 11.6 ; [g/pz] = 0.116								

ΔP (Pcotto - Psecco)	residuo	
	additivo residuo	(residuo) / gram appl x 100
	(g)	(%)
0.103	0.103	4.9
0.106	0.106	5.1
0.105	0.105	5.1
0.123	0.123	5.3
0.100	0.100	4.6
0.124	0.124	5.5
0.118	0.118	5.1
0.121	0.121	5.3
0.120	0.120	5.2
0.117	0.117	5.2
0.114	0.114	5.1
0.121	0.121	5.2
0.122	0.122	5.2
0.119	0.119	5.1
0.117	0.117	5.1
0.120	0.120	5.2
0.122	0.122	5.2
0.117	0.117	5.1
0.122	0.122	5.1
0.113	0.113	5.1
0.114	0.114	5.0
0.118	0.118	5.0
0.121	0.121	5.1
0.118	0.118	5.2
0.115	0.115	5.0
0.116	0.116	4.9
0.117	0.117	5.1
0.116	0.116	5.1
0.115	0.115	4.9
0.113	0.113	4.9
0.120	0.120	5.2
0.118	0.118	5.2
0.118	0.118	5.3
0.117	0.117	5.1
0.122	0.122	5.2
0.124	0.124	5.3
0.127	0.127	5.3
0.119	0.119	5.2
0.120	0.120	5.1
0.121	0.121	5.1
0.121	0.121	5.3
0.128	0.128	5.4
0.119	0.119	5.1
0.117	0.117	5.1
0.122	0.122	5.2
0.113	0.113	4.8
Media (intervallo)		
0.119	0.119	5.1
residuo effettivo=	0.006	
ACRM-300°C		

Tab. 6.27-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 34	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: ACRM		Grammatura (teorica): 11 g/m2			300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 62.9 mm/min			Velocità impostata rulli: 182.8 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
12-1	10.45					
12-2						
12-3						
12-4						
12-5						
12-6						
12-7						
12-8	10.56					
12-9						
12-10						
12-11						
12-12						
12-13	11.04					
12-14						
12-15	11.07					
12-16						
12-17						
12-18	11.12					
12-19						
12-20						
12-21						
12-22						
12-23						
12-24						
12-25						
12-26						
12-27	11.26	11.27.00	5,389	22	0	PROVA
12-28						
12-29						
12-30	11.31					
12-31	11.33					
12-32						
12-33	11.36	11.37.00	5,710	22	0	
12-34						
12-35						
12-36	11.41					
12-37						
12-38						
12-39						
12-40	11.46	11.47.00	6,031	22	0	
12-41						
12-42						
12-43						
12-44	11.53					
12-45						
12-46		11.57.00	6,355	22	0	

NOTE: 1'34" per piastrella
Molta condensa nel gorgogliatore - per analisi.

Tab. 6.27-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		34		Additivo chimico:			ACRM			Temperatura cottura:			300°C		
Inizio ore:		10.39		Fondo scala (*):			-1.5			Fine ore:		11.56		[mg/m3]	
10.39/10.44h	F vuoto	-0.9	-0.8	-1.5	-1.3	-1	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.2				
0.1	0.3	0.6	0.7												
10.56/11.01h	1/2 forno	6.8	6.9	7.1	7	7.2	7.5	8.1	8.3	8.7	8.7				
8.9	9.4	9.6	10	10											
11.05/11.15h	3/4 a pieno	9.6	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	9	12.7	12.1	11.1				
10.6	10.4	10.4	9.6	10.1	1.4	11.7	13.2	14.8	16.7	18.9	21.9				
24.9	28.4	31.7	34.4	35.5	34.9	51.3	54	"off normal"							
11.26/11.56h	Prova	11.35h	12.5	12.1	11.9	11.7	11.5	11.1	10.7	10.3	9.9				
9.6	9.2	8.8	8.8	7.9	7.7	7.6	7.6	7.7	8.3	7.9	8				
8	7.8	7.9	7.8	8	7.7	7.8	7.5	7.4	7.1	7.2	7				
6.8	6.4	6	5.6	5.8	5.6	5.4	5.4	5.5	5.2	5	4.8				
4.7	4.5	5.4	4.4	4.3	4.4	4.2	4.2	4.1	4.2	4.4	4.5				
4.6	4.8	4.7	4.8	5.1	5.2										
Note:	(*) misura effettuata con l'aria ambiente. da 3/4 a pieno - gas cromat. intasato - "off normal"														
	Valore medio/prova: 7.0 mg/m3					(tutti i dati sono lordi)									
	La lettura del TOC avviene ogni 20s.														

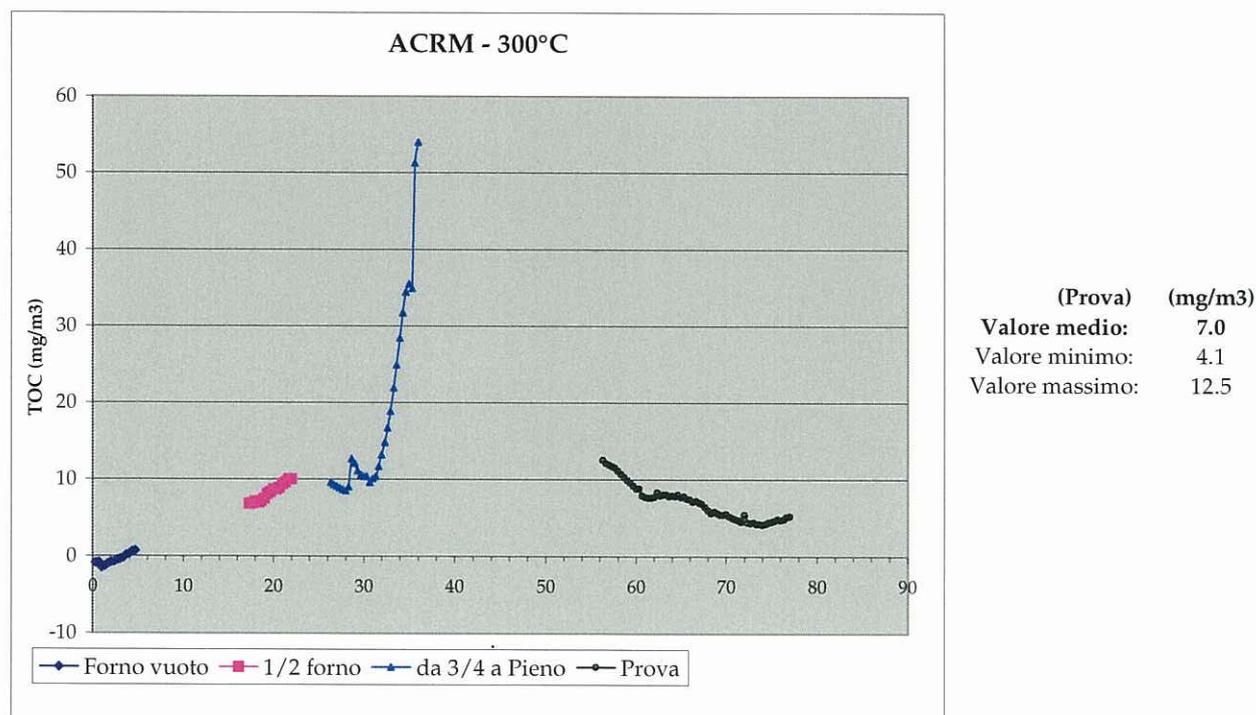


Fig. 6.17 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.27-e – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato:	ACRM (*)		Grammatura teorica: 2.200 g/pz	
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	15.30	2.326
2-0	5.0	0	16.00	2.087
3-0	5.0	0	15.50	2.145
4-0	5.0	0	15.40	2.205
Note: 2 passaggi per la linea di applicazione.				
(*) Additivo in soluzione aquosa al 5%.				

Tab. 6.27-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 12		Temperatura ambiente (°C): 14					Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:		ACRM		Grammatura (teorica): 11 g/m2			500°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata*		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m²]		
12-1	99.9	99.9	147.222	149.319	2.097	210.1		147.154
12-2	99.9	99.9	145.546	147.747	2.201	220.5		145.481
12-3	99.9	99.9	147.816	149.996	2.180	218.4		147.745
12-4	99.9	99.9	147.199	149.428	2.229	223.3		147.141
12-5	99.9	99.9	146.328	148.492	2.164	216.8		146.270
12-6	99.9	99.9	145.166	147.352	2.186	219.0		145.103
12-7	99.9	99.9	147.551	149.678	2.127	213.1		147.485
12-8	99.9	99.9	147.171	149.259	2.088	209.2		147.115
12-9	99.9	99.9	148.584	150.706	2.122	212.6		148.523
12-10	99.9	99.9	148.841	150.956	2.115	211.9		148.778
12-11	99.9	99.9	147.968	150.084	2.116	212.0		147.899
12-12	99.9	99.9	148.076	150.185	2.109	211.3		148.019
12-13	99.9	99.9	149.079	151.261	2.182	218.6		149.012
12-14	99.9	99.9	147.054	149.167	2.113	211.7		146.985
12-15	99.9	99.9	147.968	150.074	2.106	211.0		147.900
12-16	99.9	99.9	146.180	148.336	2.156	216.0		146.113
12-17	99.9	99.9	149.168	151.341	2.173	217.7		149.094
12-18	99.9	99.9	147.619	149.732	2.113	211.7		147.543
12-19	99.9	99.9	147.882	149.985	2.103	210.7		147.807
12-20	99.9	99.9	146.774	148.904	2.130	213.4		146.704
12-21	99.9	99.9	146.259	148.413	2.154	215.8		146.201
12-22	99.9	99.9	146.698	148.819	2.121	212.5		146.635
12-23	99.9	99.9	146.831	148.950	2.119	212.3		146.760
12-24	99.9	99.9	147.828	149.937	2.109	211.3		147.761
12-25	99.9	99.9	145.961	148.061	2.100	210.4		145.889
12-26	99.9	99.9	145.209	147.366	2.157	216.1		145.160

Note: Grammatura media piastrella 14-26 [g/m²] = 213.1 ± 2.3509 (deviazione standard popolazione)

[g/pz] = 2.127 ± 0.0235

(*) prodotto diluito al 5% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 14-26 [g/m²] = 10.7 ; [g/pz] = 0.106

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.068	0.000	0.0
-0.065	0.000	0.0
-0.071	0.000	0.0
-0.058	0.000	0.0
-0.058	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.066	0.000	0.0
-0.056	0.000	0.0
-0.061	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.057	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.069	0.000	0.0
-0.068	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.074	0.000	0.0
-0.076	0.000	0.0
-0.075	0.000	0.0
-0.070	0.000	0.0
-0.058	0.000	0.0
-0.063	0.000	0.0
-0.071	0.000	0.0
-0.067	0.000	0.0
-0.072	0.000	0.0
-0.049	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.068	0.000	0.0
ACRM-500°C		

Tab. 6.27-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 12	Temperatura ambiente (°C): 14		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: ACRM		Grammatura (teorica): 11 g/m2			500°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 37.1 mm/min			Velocità impostata rulli: 111 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
12-1	15.18					
12-2						
12-3						
12-4						
12-5						
12-6						
12-7						
12-8						
12-9						
12-10						
12-11						
12-12	15.48.40					
12-13						
12-14	15.54	15.54.45	24770	14		PROVA
12-15						
12-16						
12-17	16.02.19	16.02.45	24886	14		
12-18						
12-19						
12-20	16.10.29	16.10.45	24992	14		
12-21	16.13.09					
12-22						
12-23						
12-24						
12-25						
12-26	16.26	16.26.45	25203	14		

NOTE: 2'44" per piastrella

Tab. 6.27-h – Regolazioni della linea di applicazione

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Regolazione della linea		
Additivo applicato: ACRM (*)		Grammatura teorica: 2.200 g/pz		
Prova [sigla-ripetuta]	Pressione pompa [bar]	Posizione del motovariatore [giri]	Frequenza inverter [Hz]	Grammatura applicata [g/pz]
1-0	5.0	0	15.30	2.217
1-1	5-0	0	15.30	2.211
2-0	5.0	0	15.00	2.201

Note: (*) in soluzione al 5% in H2O.

Tab. 6.27-i – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 13	Temperatura ambiente (°C): 16			Grammatura (teorica): 11 g/m ²			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	ACRM						900°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata *		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco	dopo applic.	[g/pz]	[g/m ²]		
	[mm]		[g]					
12-1	99.9	99.9	148.303	150.446	2.143	214.7		148.300
12-2	99.9	99.9	147.821	149.910	2.089	209.3		147.811
12-3	99.9	99.9	146.409	148.583	2.174	217.8		146.401
12-4	99.9	99.9	147.120	149.291	2.171	217.5		147.119
12-5	99.9	99.9	147.706	149.815	2.109	211.3		147.695
12-6	99.9	99.9	147.535	149.736	2.201	220.5		147.520
12-7	99.9	99.9	146.573	148.784	2.211	221.5		146.553
12-8	99.9	99.9	149.128	151.329	2.201	220.5		149.107
12-9	99.9	99.9	149.930	152.088	2.158	216.2		149.913
12-10	99.9	99.9	147.827	149.998	2.171	217.5		147.779
12-11	99.9	99.9	146.188	148.360	2.172	217.6		146.129
12-12	99.9	99.9	148.474	150.684	2.210	221.4		148.439
12-13	99.9	99.9	148.073	150.293	2.220	222.4		148.047
12-14	99.9	99.9	148.709	150.884	2.175	217.9		148.668
12-15	99.9	99.9	148.145	150.433	2.288	229.3		148.108
12-16	99.9	99.9	148.961	151.194	2.233	223.7		148.929
12-17	99.9	99.9	149.779	152.039	2.260	226.5		149.751
12-18	99.9	99.9	147.421	149.733	2.312	231.7		147.398
12-19	99.9	99.9	148.922	151.166	2.244	224.8		148.889
12-20	99.9	99.9	147.284	149.591	2.307	231.2		147.271
12-21	99.9	99.9	147.742	149.961	2.219	222.3		147.731
12-22	99.9	99.9	149.490	151.662	2.172	217.6		n.r.
Note: Grammatura media piastrella 14-22 [g/m ²] = 225.0 4.8922 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 2.246 0.0488								
(*) prodotto diluito al 5% in H ₂ O. Grammatura media effettiva piastrella 14-22 [g/m ²] = 11.3 : [g/pz] = 0.112								

ΔP (Pcotto - Psecco)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.003	0.000	0.0
-0.010	0.000	0.0
-0.008	0.000	0.0
-0.001	0.000	0.0
-0.011	0.000	0.0
-0.015	0.000	0.0
-0.020	0.000	0.0
-0.021	0.000	0.0
-0.017	0.000	0.0
-0.048	0.000	0.0
-0.059	0.000	0.0
-0.035	0.000	0.0
-0.026	0.000	0.0
-0.041	0.000	0.0
-0.037	0.000	0.0
-0.032	0.000	0.0
-0.028	0.000	0.0
-0.023	0.000	0.0
-0.033	0.000	0.0
-0.013	0.000	0.0
-0.011	0.000	0.0
Media (intervallo)		
-0.027	0.000	0.0
ACRM-900°C		

Tab. 6.27-j – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 13	Temperatura ambiente (°C): 16	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: ACRM		Grammatura (teorica): 11 g/m2			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.6 mm/min			Velocità impostata rulli: 59.8 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina			NOTE	
		orario rilievo [h:min]	Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]		Pressione [cmHg]
12-1	10.55					
12-2						
12-3						
12-4						
12-5						
12-6						
12-7						
12-8						
12-9						
12-10						
12-11						
12-12						
12-13						
12-14	12.03.03	12.03.45	28567	14		
12-15	12.07.36	12.08.00	28624	14	PROVA	
12-16						
12-17						
12-18	12.22.16	12.22.45	28818	14		
12-19						
12-20						
12-21						
12-22	12.41	12.41.15	29047	14		

NOTE: 4'55" per piastrella

Tab. 6.28-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 37		Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:		PVA		Grammatura (effettiva): 11 g/m2			300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
13-1	99.9	99.9	150.857	151.924	1.067	106.9		150.902
13-2	99.9	99.9	150.438	151.551	1.113	111.5		150.494
13-3	99.9	99.9	148.485	149.604	1.119	112.1		148.545
13-4	99.9	99.9	149.590	150.698	1.108	111.0		149.664
13-5	99.9	99.9	148.072	149.182	1.110	111.2		148.132
13-6	99.9	99.9	150.646	151.736	1.090	109.2		150.705
13-7	99.9	99.9	149.455	150.537	1.082	108.4		149.512
13-8	99.9	99.9	151.862	152.966	1.104	110.6		151.919
13-9	99.9	99.9	149.694	150.827	1.133	113.5		149.748
13-10	99.9	99.9	147.591	148.669	1.078	108.0		147.642
13-11	99.9	99.9	149.828	150.931	1.103	110.5		149.889
13-12	99.9	99.9	146.528	147.588	1.060	106.2		146.585
13-13	99.9	99.9	147.744	148.834	1.090	109.2		147.803
13-14	99.9	99.9	147.685	148.804	1.119	112.1		147.743
13-15	99.9	99.9	147.902	148.997	1.095	109.7		147.956
13-16	99.9	99.9	150.084	151.211	1.127	112.9		150.141
13-17	99.9	99.9	148.260	149.367	1.107	110.9		148.313
13-18	99.9	99.9	148.490	149.599	1.109	111.1		148.510
13-19	99.9	99.9	147.961	149.088	1.127	112.9		148.027
13-20	99.9	99.9	148.373	149.476	1.103	110.5		148.583
13-21	99.9	99.9	148.520	149.653	1.133	113.5		149.432
13-22	99.9	99.9	150.662	151.804	1.142	114.4		150.729
13-23	99.9	99.9	146.543	147.614	1.071	107.3		146.607
13-24	99.9	99.9	147.808	148.923	1.115	111.7		147.880
13-25	99.9	99.9	148.823	149.938	1.115	111.7		148.893
13-26	99.9	99.9	147.796	148.910	1.114	111.6		147.864
13-27	99.9	99.9	147.424	148.525	1.101	110.3		147.490
13-28	99.9	99.9	149.281	150.385	1.104	110.6		149.347
13-29	99.9	99.9	147.849	148.952	1.103	110.5		147.921
13-30	99.9	99.9	148.195	149.311	1.116	111.8		148.262
13-31	99.9	99.9	148.428	149.542	1.114	111.6		148.492
13-32	99.9	99.9	151.457	152.619	1.162	116.4		151.534
13-33	99.9	99.9	149.394	150.536	1.142	114.4		149.467
13-34	99.9	99.9	151.281	152.391	1.110	111.2		151.352
13-35	99.9	99.9	149.013	150.162	1.149	115.1		149.087
13-36	99.9	99.9	147.492	148.639	1.147	114.9		147.562
13-37	99.9	99.9	148.025	149.215	1.190	119.2		148.097
13-38	99.9	99.9	149.591	150.734	1.143	114.5		149.662
13-39	99.9	99.9	146.339	147.532	1.193	119.5		146.411
13-40	99.9	99.9	150.484	151.657	1.173	117.5		150.555
13-41	99.9	99.9	147.857	149.019	1.162	116.4		147.926
13-42	99.9	99.9	148.159	149.320	1.161	116.3		148.230
13-43	99.9	99.9	149.528	150.730	1.202	120.4		rotta
Note:		Grammatura media piastrella 25-43 [g/m ²] = 114.4 3.20 (deviazione standard popolazione)						
		[g/pz] = 1.142 0.032						
(*) prodotto diluito al 10% in H2O.		Grammatura media effettiva piastrella 25-43 [g/m2] = 11.4 : [g/pz] = 0.114						

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
0.045	0.045	4.2
0.056	0.056	5.0
0.060	0.060	5.4
0.074	0.074	6.7
0.060	0.060	5.4
0.059	0.059	5.4
0.057	0.057	5.3
0.057	0.057	5.2
0.054	0.054	4.8
0.051	0.051	4.7
0.061	0.061	5.5
0.057	0.057	5.4
0.059	0.059	5.4
0.058	0.058	5.2
0.054	0.054	4.9
0.057	0.057	5.1
0.053	0.053	4.8
0.020	0.020	1.8
0.066	0.066	5.9
0.210	0.210	19.0
0.912	0.912	80.5
0.067	0.067	5.9
0.064	0.064	6.0
0.072	0.072	6.5
0.070	0.070	6.3
0.068	0.068	6.1
0.066	0.066	6.0
0.066	0.066	6.0
0.072	0.072	6.5
0.067	0.067	6.0
0.064	0.064	5.7
0.077	0.077	6.6
0.073	0.073	6.4
0.071	0.071	6.4
0.074	0.074	6.4
0.070	0.070	6.1
0.072	0.072	6.1
0.071	0.071	6.2
0.072	0.072	6.0
0.071	0.071	6.1
0.069	0.069	5.9
0.071	0.071	6.1
Media (intervallo)		
0.070	0.070	6.2
residuo effettivo (g)	0.007	
PVA-300°C		

Tab. 6.28-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				Scheda rilievo dati prova	
Prova (n°): 37	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: PVA		Grammatura (teorica): 11 g/m2		300°C			
Velocità di avanzamento piastrelle: 61 mm/min		Velocità impostata rulli: 182.8 (tachimetro forno)					
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE	
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]		
13-1	11.02						
13-2							
13-3							
13-4							
13-5							
13-6							
13-7							
13-8							
13-9	11.16						
13-10							
13-11							
13-12							
13-13	11.24						
13-14							
13-15							
13-16							
13-17							
13-18							
13-19							
13-20							
13-21							
13-22							
13-23							
13-24							
13-25	11.41	11.41.28	24,978	23,5	0	PROVA	
13-26							
13-27							
13-28							
13-29							
13-30	11.49						
13-31							
13-32		11.53.00	25,322	23,5	0		
13-33							
13-34							
13-35							
13-36							
13-37							
13-38							
13-39		12.04.00	25,651	23,5	0		
13-40							
13-41	12.07						
13-42							
13-43	12.11	12.13.00	25,926	23,5	0		
13-44							

NOTE: 1'37" per piastrella

Tab. 6.28-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		37		Additivo chimico:			PVA			Temperatura cottura:			300°C		
Inizio ore:		10.34		Fondo scala (*):			1.0			Fine ore:		12.11		[mg/m3]	
10.34/10.39h	F vuoto	0.9	1.1	0.9	0.9	1	1.1	0.9	1	1	1	1	1		
1	1.1	1	1.1	0.9											
11.13/11.18h	1/2 forno	3.5	3.7	3.4	4	5.3	5.9	6.5	7.1	8	8.3				
8.6	8.5	8.9	9.3	8.6											
11.21/11.31h	3/4 - pieno	7.4	7.2	7.1	7.3	7.1	8	8.3	8.4	8.4	8.7				
8.9	8.7	8.9	8.6	9	9.5	9.1	9.6	9.4	9.7	9.8	9.7				
10.1	9.8	10.4	10.6	10.4	10.3	10.3	10.4								
11.41/12.11h	Prova	12.7	13.3	13.4	13.4	13.7	14	14	13.1	13.6	13.1				
13.1	12.1	12.9	13	12.2	11.8	11.4	11.1	11.2	11	10.6	10.9				
10.5	10.2	10.2	10.3	10.1	10.5	10.7	11.2	11.1	10.6	10.7	10.5				
11.1	11.3	11.3	11.1	11.3	11.3	11.4	11.3	11.4	11.4	11.4	11.8				
11.8	11.8	12.2	11.9	11.6	11.4	11.8	11.4	11.9	11.3	11.5	11.4				
11.5	11.7	11.3	11.9	11.9	12.4	11.8	11.5	12.1	11.6	12.1	11.9				
11.9	12.4	11.6	11.7	11.5	11.4	11.5	10.9	11.7	12	12.5	13.4				
13.3	13.7	13.6	14.1	14.2	13.7	14.1									
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		11.9 mg/m3					(tutti i dati sono lordi)								
La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

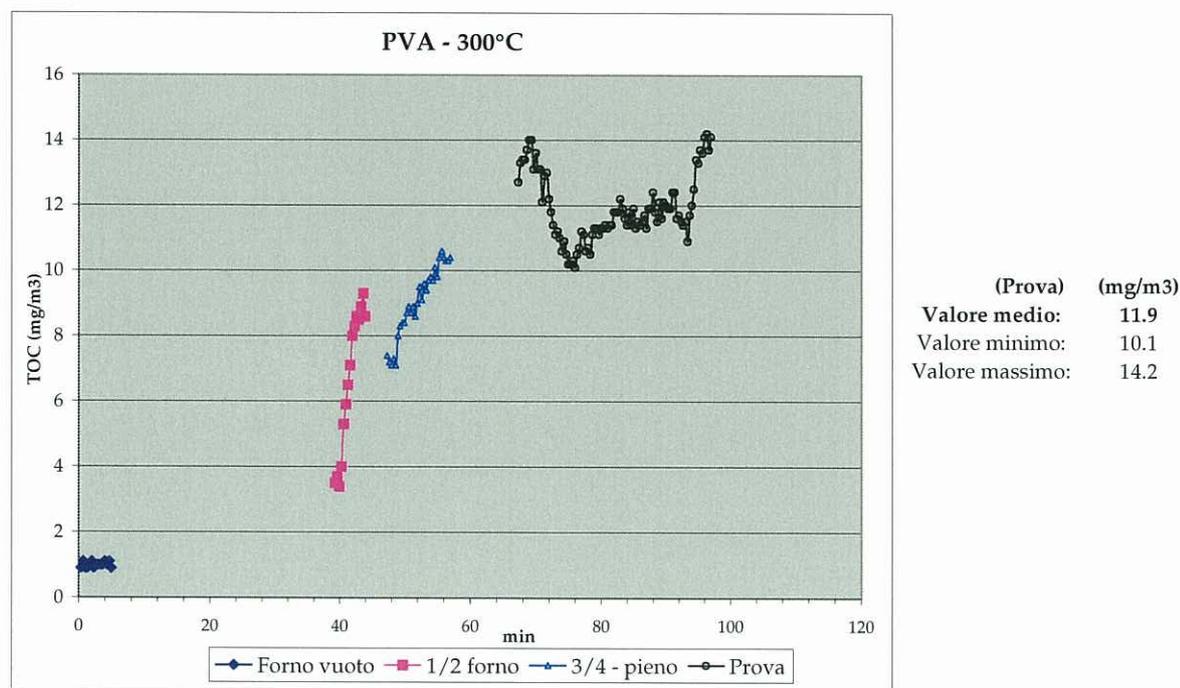


Fig. 6.18 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.28-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 38	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	PVA (*)		Grammatura (teorica): 11 g/m ²		900°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-13-1	99.9	99.9	151.126	152.312	1.186	118.8		151.043
-13-2	99.9	99.9	149.452	150.634	1.182	118.4		149.368
-13-3	99.9	99.9	148.326	149.507	1.181	118.3		148.221
-13-4	99.9	99.9	148.049	149.210	1.161	116.3		147.948
-13-5	99.9	99.9	149.736	150.894	1.158	116.0		149.636
-13-6	99.9	99.9	147.184	148.360	1.176	117.8		147.090
-13-7	99.9	99.9	147.423	148.559	1.136	113.8		147.346
-13-8	99.9	99.9	149.003	150.114	1.111	111.3		148.927
-13-9	99.9	99.9	147.961	149.081	1.120	112.2		147.882
-13-10	99.9	99.9	148.058	149.184	1.126	112.8		147.992
-13-11	99.9	99.9	148.773	149.927	1.154	115.6		148.700
-13-12	99.9	99.9	150.079	151.250	1.171	117.3		149.997
-13-13	99.9	99.9	150.692	151.837	1.145	114.7		150.616
-13-14	99.9	99.9	148.802	149.973	1.171	117.3		148.713
-13-15	99.9	99.9	150.516	151.705	1.189	119.1		150.437
-13-16	99.9	99.9	147.603	148.842	1.239	124.1		147.517
-13-17	99.9	99.9	147.296	148.511	1.215	121.7		147.218
-13-18	99.9	99.9	150.232	151.440	1.208	121.0		150.150
-13-19	99.9	99.9	147.382	148.414	1.032	103.4		147.287
-13-20	99.9	99.9	146.863	148.007	1.144	114.6		n.r
-13-21	99.9	99.9	147.783	148.934	1.151	115.3		n.r
-13-22	99.9	99.9	148.659	149.832	1.173	117.5		n.r
Note: Grammatura media piastrella 16-21 [g/m ²] = 116.7 6.86 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 1.165 0.068								
(*) prodotto diluito al 10% in H ₂ O. Grammatura media effettiva piastrella 16-21 [g/m ²] = 11.7 ; [g/pz] = 0.116								

ΔP (P _{cotto} - P _{secco}) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.083	0.000	0
-0.084	0.000	0
-0.105	0.000	0
-0.101	0.000	0
-0.100	0.000	0
-0.094	0.000	0
-0.077	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.079	0.000	0
-0.066	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.089	0.000	0
-0.079	0.000	0
-0.086	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.082	0.000	0
-0.095	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.085	0.000	0.0
PVA-900°C		

Tab.6.28-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 38	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PVA		Grammatura (teorica): 11 g/m2			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.3 mm/min			Velocità impostata rulli: 59.2 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-13-1	14.45					
-13-2						
-13-3						
-13-4						
-13-5						
-13-6						
-13-7						
-13-8						
-13-9						
-13-10						
-13-11						
-13-12	15.44					
-13-13						
-13-14						
-13-15						
-13-16	15.53	15.55.00	2,376	24	0	PROVA
-13-17						
-13-18						
-13-19						
-13-20						
-13-21	16.24	16.25.00	3,228	24	0	
NOTE: 4'51" per piastrella						

Tab. 6.28-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		38		Additivo chimico:				PVA		Temperatura cottura:			900°C		
Inizio ore:		14.17		Fondo scala (*):				0.8		Fine ore:		16.25		[mg/m3]	
14.17/14.22h	F vuoto	0.5	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4		
0.3	0.3	0.3	0.4	0.3											
15.09/15.14h	1/2 forno	42.1	43	43.6	43.3	42.3	42.2	42	44.1	42.8	43.5				
45.6	43	43.4	44.4	42.8											
15.25/15.45h	3/4 - pieno	44	43.4	41.5	41.2	41.7	41.9	41.9	42.7	43.1	43.3				
42.8	41.8	42.2	42.2	43.3	44.6	44.8	44.4	43.9	44.7	45.1	46.2				
45.7	45.9	45.5	44.9	43.7	43.5	43.2	43.3	43.8	43.2	42.3	41.1				
41	41.8	41.4	41.6	42	41.8	41.5	41.5	41.4	42	42.7	43.8				
43.5	43.1	44.3	43.4	43.3	43.6	44.3	45.3	43.6	42.8	43.3	43				
43.2	44.5														
15.55/16.25h	Prova	48.2	47.5	50.6	41	44	44	47	48	46	44				
45	46	32	45	48	50	49	49	48	47	49	47				
48	47	48	49	48	48	49	51	51	49	46	46				
46	48	47	48	46	46	47	47	49	49	50	44				
43	43	44	49	45	46	45	45	44	45	49	46				
48	50	43	45	45	46	42	46	46	43	42	47				
48	47	48	49	48	43	44	49	47	48	50	52				
50	47	48	47	48	50	50									
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		46.8 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)									
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

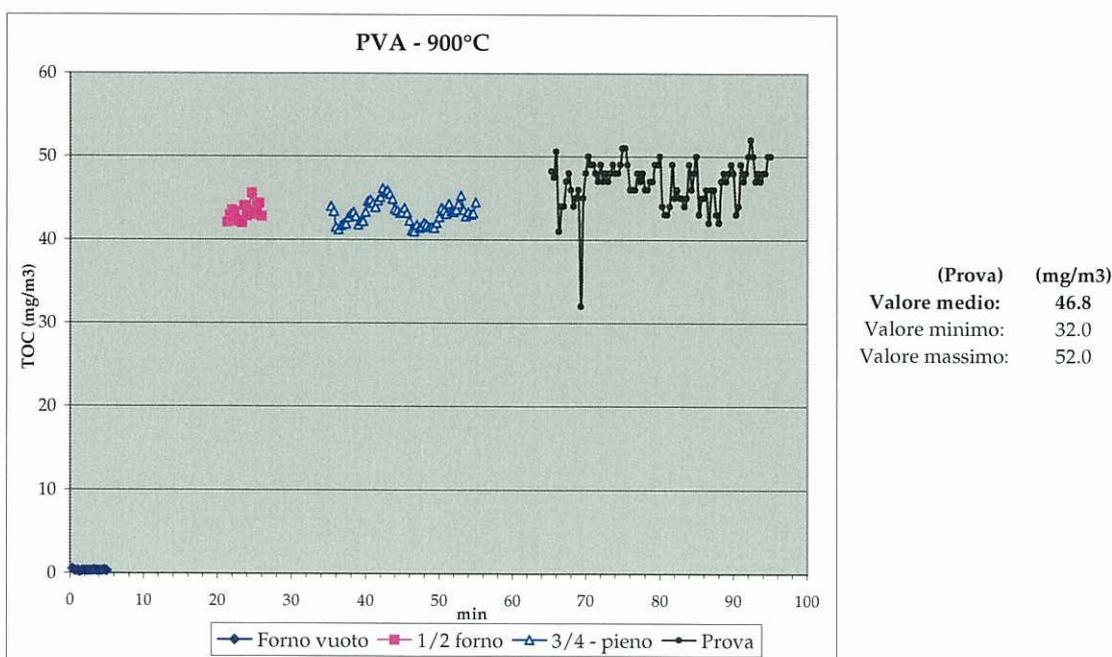


Fig. 6.19 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.29-b – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 39	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____				Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	PVAc		Grammatura (teorica): 11 g/m ²		300°C			
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
14-1	99.9	99.9	148.425	148.995	0.570	57.1		148.475
14-2	99.9	99.9	148.022	148.613	0.591	59.2		148.077
14-3	99.9	99.9	149.000	149.559	0.559	56.0		149.060
14-4	99.9	99.9	148.075	148.650	0.575	57.6		148.135
14-5	99.9	99.9	147.510	148.077	0.567	56.8		147.566
14-6	99.9	99.9	148.933	149.491	0.558	55.9		148.988
14-7	99.9	99.9	147.660	148.215	0.555	55.6		147.707
14-8	99.9	99.9	148.369	148.938	0.569	57.0		148.428
14-9	99.9	99.9	150.138	150.694	0.556	55.7		150.188
14-10	99.9	99.9	147.658	148.231	0.573	57.4		147.708
14-11	99.9	99.9	145.843	146.390	0.547	54.8		145.900
14-12	99.9	99.9	147.698	148.261	0.563	56.4		147.755
14-13	99.9	99.9	149.417	149.986	0.569	57.0		149.473
14-14	99.9	99.9	147.420	147.981	0.561	56.2		147.505
14-15	99.9	99.9	148.257	148.810	0.553	55.4		148.316
14-16	99.9	99.9	149.381	149.956	0.575	57.6		149.443
14-17	99.9	99.9	149.444	150.015	0.571	57.2		149.508
14-18	99.9	99.9	149.891	150.429	0.538	53.9		149.952
14-19	99.9	99.9	148.540	149.086	0.546	54.7		148.599
14-20	99.9	99.9	148.184	148.748	0.564	56.5		148.242
14-21	99.9	99.9	147.242	147.793	0.551	55.2		147.298
14-22	99.9	99.9	147.777	148.319	0.542	54.3		147.830
14-23	99.9	99.9	150.643	151.200	0.557	55.8		150.699
14-24	99.9	99.9	150.602	151.174	0.572	57.3		150.663
14-25	99.9	99.9	147.399	147.964	0.565	56.6		147.454
14-26	99.9	99.9	149.600	150.160	0.560	56.1		149.658
14-27	99.9	99.9	149.154	149.720	0.566	56.7		149.214
14-28	99.9	99.9	147.007	147.583	0.576	57.7		147.069
14-29	99.9	99.9	147.804	148.392	0.588	58.9		147.865
14-30	99.9	99.9	150.942	151.532	0.590	59.1		151.007
14-31	99.9	99.9	149.935	150.525	0.590	59.1		149.995
14-32	99.9	99.9	148.750	149.335	0.585	58.6		148.810
14-33	99.9	99.9	147.867	148.402	0.535	53.6		147.919
14-34	99.9	99.9	148.891	149.464	0.573	57.4		148.951
14-35	99.9	99.9	147.078	147.638	0.560	56.1		147.130
14-36	99.9	99.9	148.512	149.108	0.596	59.7		148.574
14-37	99.9	99.9	147.447	148.032	0.585	58.6		147.507
14-38	99.9	99.9	147.396	147.974	0.578	57.9		147.449
14-39	99.9	99.9	149.742	150.318	0.576	57.7		149.793
14-40	99.9	99.9	149.403	149.971	0.568	56.9		149.454
14-41	99.9	99.9	149.619	150.203	0.584	58.5		149.670
Note: Grammatura media piastrella 22-40 [g/m ²] = 57.3 1.59 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.572 0.016								
(*) prodotto diluito al 20% in H2O. Grammatura media effettiva piastrella 22-40 [g/m ²] = 11.5 ; [g/pz] = 0.114								

ΔP (P _{cotto} - P _{secco}) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
0.050	0.050	8.8
0.055	0.055	9.3
0.060	0.060	10.7
0.060	0.060	10.4
0.056	0.056	9.9
0.055	0.055	9.9
0.047	0.047	8.5
0.059	0.059	10.4
0.050	0.050	9.0
0.050	0.050	8.7
0.057	0.057	10.4
0.057	0.057	10.1
0.056	0.056	9.8
0.085	0.085	15.2
0.059	0.059	10.7
0.062	0.062	10.8
0.064	0.064	11.2
0.061	0.061	11.3
0.059	0.059	10.8
0.058	0.058	10.3
0.056	0.056	10.2
0.053	0.053	9.8
0.056	0.056	10.1
0.061	0.061	10.7
0.055	0.055	9.7
0.058	0.058	10.4
0.060	0.060	10.6
0.062	0.062	10.8
0.061	0.061	10.4
0.065	0.065	11.0
0.060	0.060	10.2
0.060	0.060	10.3
0.052	0.052	9.7
0.060	0.060	10.5
0.052	0.052	9.3
0.062	0.062	10.4
0.060	0.060	10.3
0.053	0.053	9.2
0.051	0.051	8.9
0.051	0.051	9.0
0.051	0.051	8.7
Media (intervallo)		
0.057	0.057	10.0
residuo effettivo (g)	0.011	
PVAc-300°C		

Tab. 6.29-c – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 39	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	PVAc		Grammatura (teorica): 11 g/m2		300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.6 mm/min			Velocità impostata rulli: 183 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
14-1	10.41					
14-2						
14-3						
14-4						
14-5						
14-6	10.51					
14-7						
14-8						
14-9						
14-10						
14-11						
14-12						
14-13						
14-14						
14-15						
14-16						
14-17						
14-18	11.09					
14-19						
14-20						
14-21						
14-22	11.15	11.16.00	7,473	28	0	PROVA
14-23						
14-24						
14-25						
14-26						
14-27						
14-28						
14-29						
14-30						
14-31						
14-32						
14-33						
14-34						
14-35	11.36					
14-36						
14-37	11.39					
14-38						
14-39						
14-40	11.44	11.45.00	8,223	24	0	

NOTE: 1'36" per piastrella

Tab. 6.29-d – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		39		Additivo chimico:			PVAc			Temperatura cottura:		300°C			
Inizio ore:		10.28		Fondo scala (*):			1.1			Fine ore:		11.45		[mg/m3]	
10.28/10.33h	F vuoto	1.1	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1				
1.2	1.2	1.3	1.1	1.1											
10.49/10.54h	1/2 forno	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6				
1.5	1.6	1.6	1.6	1.6											
11.00/11.05h	3/4-pieno	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5				
1.6	1.6	1.6	1.6	1.5											
11.15/11.45h	Prova	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7				
1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9				
1.8	2	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7				
1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.7				
1.8	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9				
1.9	2	1.9	2	2	2	2.1	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7				
1.7	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6				
1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5								
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova:			1.7 mg/m3		(tutti i dati sono lordi)								
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

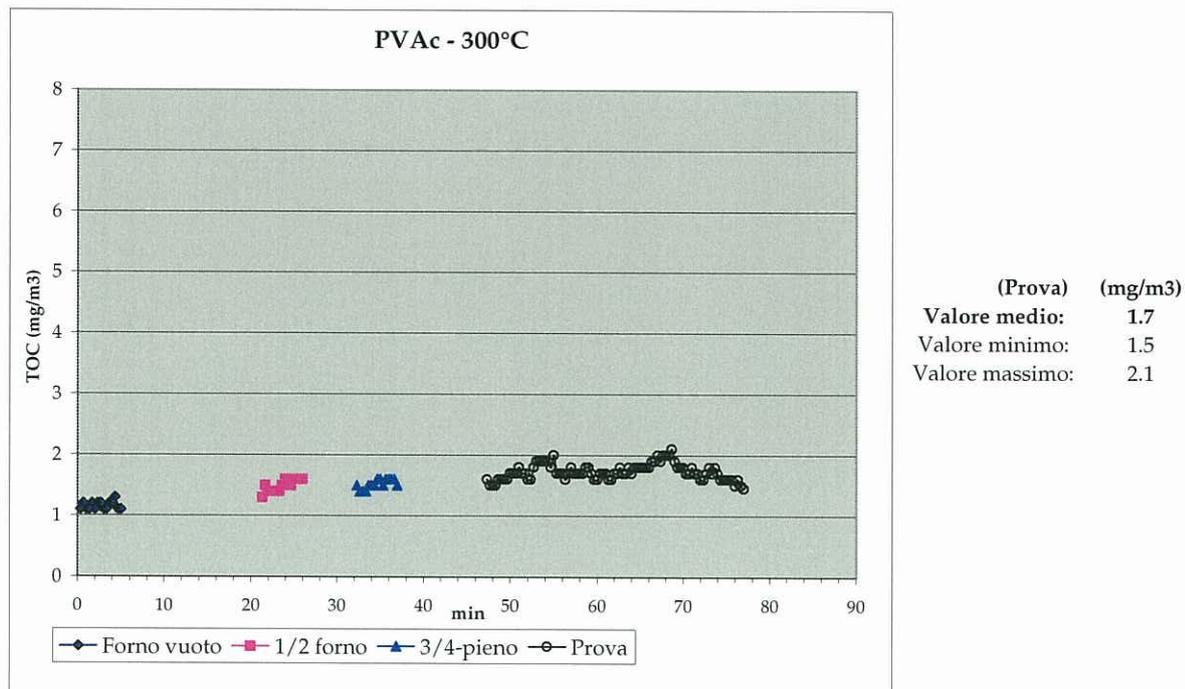


Fig. 6.20 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.29-f – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 40	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	PVAc		Grammatura (teorica): 11 g/m ²			900°C		
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-14-1	99.9	99.9	146.392	146.985	0.593	59.4		146.326
-14-2	99.9	99.9	146.920	147.503	0.583	58.4		146.856
-14-3	99.9	99.9	149.394	149.963	0.569	57.0		149.302
-14-4	99.9	99.9	146.993	147.558	0.565	56.6		146.908
-14-5	99.9	99.9	147.628	148.197	0.569	57.0		147.545
-14-6	99.9	99.9	146.606	147.179	0.573	57.4		146.520
-14-7	99.9	99.9	146.398	146.976	0.578	57.9		146.317
-14-8	99.9	99.9	147.505	148.094	0.589	59.0		147.411
-14-9	99.9	99.9	149.609	150.195	0.586	58.7		149.516
-14-10	99.9	99.9	146.519	147.104	0.585	58.6		146.424
-14-11	99.9	99.9	149.367	149.967	0.600	60.1		149.298
-14-12	99.9	99.9	149.167	149.767	0.600	60.1		149.094
-14-13	99.9	99.9	148.323	148.909	0.586	58.7		148.250
-14-14	99.9	99.9	147.653	148.250	0.597	59.8		147.583
-14-15	99.9	99.9	147.219	147.745	0.526	52.7		147.148
-14-16	99.9	99.9	147.002	147.558	0.556	55.7		146.926
-14-17	99.9	99.9	147.731	148.309	0.578	57.9		147.653
-14-18	99.9	99.9	148.833	149.395	0.562	56.3		148.758
-14-19	99.9	99.9	147.803	148.379	0.576	57.7		147.702
-14-20	99.9	99.9	149.006	149.576	0.570	57.1		148.901
-14-21	99.9	99.9	148.651	149.221	0.570	57.1		148.537
-14-22	99.9	99.9	146.323	146.904	0.581	58.2		146.220
-14-23	99.9	99.9	149.312	149.869	0.557	55.8		149.204
Note: Grammatura media piastrella 16-23 [g/m ²] = 57.0 0.89 (deviazione standard popolazione)								
[g/pz] = 0.569 0.0089								
(*) prodotto diluito al 20% in H ₂ O. Grammatura media effettiva piastrella 16-23 [g/m ²] = 11.4 ; [g/pz] = 0.114								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.066	0.000	0
-0.064	0.000	0
-0.092	0.000	0
-0.085	0.000	0
-0.083	0.000	0
-0.086	0.000	0
-0.081	0.000	0
-0.094	0.000	0
-0.093	0.000	0
-0.095	0.000	0
-0.069	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.073	0.000	0
-0.070	0.000	0
-0.071	0.000	0
-0.076	0.000	0
-0.078	0.000	0
-0.075	0.000	0
-0.101	0.000	0
-0.105	0.000	0
-0.114	0.000	0
-0.103	0.000	0
-0.108	0.000	0
Media (intervallo)		
-0.095	0.000	0.0
PVAc-900°C		

Tab. 6.29-g – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 40	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: PVAc		Grammatura (teorica): 11 g/m ²		900°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.3 mm/min			Velocità impostata rulli: 59 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	NOTE
-14-1	14.16					
-14-2						
-14-3						
-14-4						
-14-5	14.35					
-14-6						
-14-7						
-14-8						
-14-9						
-14-10						
-14-11						
-14-12	15.10					
-14-13						
-14-14	15.20					
-14-15						
-14-16	15.31	15.32.00	4,475	25	0	PROVA
-14-17						
-14-18						
-14-19						
-14-20						
-14-21	15.55	15.56.00	5,138	25	0	
-14-22						
-14-23		16.04.00	5,361	25	0	

NOTE: 4'51" per piastrella

Tab. 6.29-h – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC																					
Prova (n°):		40		Additivo chimico:				PVAc				Temperatura cottura:				900°C							
Inizio ore:		14.02		Fondo scala (*):				0.8				Fine ore:				16.00				[mg/m3]			
14.02/14.07h	F vuoto	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2												
	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2																		
14.40/14.45h	1/2 forno	16.3	16.1	16.2	16.5	16.8	16.9	17.5	18.6	18.8	18.7												
	18.2	17.8	17.8	17.9	17.7																		
15.09/15.14h	3/4-pieno	22.3	21.9	20.5	19.7	20.2	20.6	21	22.4	22	22.8												
	23.4	23	23	24	23.8																		
15.30/16.00h	Prova	21.5	21.2	20.9	20.5	21	20.1	21.4	21	21.7	22.6												
	22.9	22.7	23	22.6	21.4	20.5	20.6	21.1	20.8	20.7	21.4												
	22.2	22.4	22	22.6	23.2	22.7	20.8	19.7	19.9	19.8	20.4												
	19.8	19.7	19.5	21.1	21.5	20.9	21.5	22.3	23	22.7	21.6												
	23.2	23.9	25.9	25.2	26	26	25.9	25.2	26	26	25.9												
	26.7	26.9	26.8	27.4	26.7	25	24.3	24.4	25.2	25.6	26.2												
	27.6	28.5	29.4	30	30.6	30.3	30	27.6	25.3	24.3	23.8												
	24.9	24.1	25.2	24.8	26.5	26.3	26.6	27.3	25	28.2	28.2												
	25.5	25	24.9	26	26																		

Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente.
 Valore medio/prova: **23.8 mg/m3** (tutti i dati sono lordi)
 La lettura del TOC avviene ogni 20s.

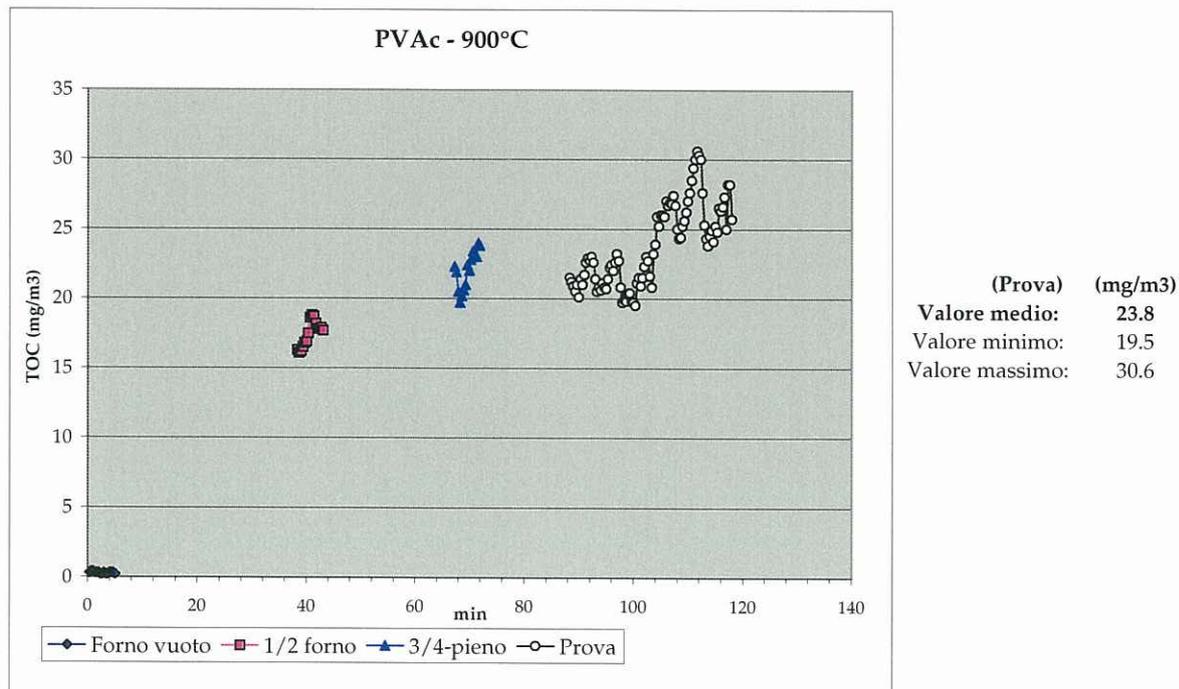


Fig. 6.21 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.30-a – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 20	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____				Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	BIANCO		Grammatura (teorica): 0 g/m ²				300°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
0-1	99.9	99.9	147.431	147.431	0.000	0.0	-	147.404
0-2	99.9	99.9	147.412	147.412	0.000	0.0	-	147.399
0-3	99.9	99.9	149.755	149.755	0.000	0.0	-	149.752
0-4	99.9	99.9	148.426	148.426	0.000	0.0	-	148.419
0-5	99.9	99.9	147.140	147.140	0.000	0.0	-	147.128
0-6	99.9	99.9	148.387	148.387	0.000	0.0	-	148.379
0-7	99.9	99.9	148.314	148.314	0.000	0.0	-	148.299
0-8	99.9	99.9	146.663	146.663	0.000	0.0	-	146.649
0-9	99.9	99.9	146.649	146.649	0.000	0.0	-	146.640
0-10	99.9	99.9	147.220	147.220	0.000	0.0	-	147.207
0-11	99.9	99.9	149.476	149.476	0.000	0.0	-	149.464
0-12	99.9	99.9	149.207	149.207	0.000	0.0	-	149.192
0-13	99.9	99.9	148.198	148.198	0.000	0.0	-	148.179
0-14	99.9	99.9	148.228	148.228	0.000	0.0	-	148.212
0-15	99.9	99.9	147.357	147.357	0.000	0.0	-	147.335
0-16	99.9	99.9	145.363	145.363	0.000	0.0	-	145.339
0-17	99.9	99.9	147.869	147.869	0.000	0.0	-	147.853
0-18	99.9	99.9	149.280	149.280	0.000	0.0	-	149.265
0-19	99.9	99.9	147.239	147.239	0.000	0.0	-	147.234
0-20	99.9	99.9	146.829	146.829	0.000	0.0	-	146.819
0-21	99.9	99.9	147.399	147.399	0.000	0.0	-	147.377
0-22	99.9	99.9	148.103	148.103	0.000	0.0	-	148.083
0-23	99.9	99.9	146.590	146.590	0.000	0.0	-	146.570
0-24	99.9	99.9	148.260	148.260	0.000	0.0	-	148.238
0-25	99.9	99.9	149.269	149.269	0.000	0.0	-	149.252
0-26	99.9	99.9	146.588	146.588	0.000	0.0	-	146.564
0-27	99.9	99.9	146.341	146.341	0.000	0.0	-	146.336
0-28	99.9	99.9	149.339	149.339	0.000	0.0	-	149.317
0-29	99.9	99.9	146.209	146.209	0.000	0.0	-	146.206
0-30	99.9	99.9	147.417	147.417	0.000	0.0	-	147.404
0-31	99.9	99.9	149.838	149.838	0.000	0.0	-	149.822
0-32	99.9	99.9	147.638	147.638	0.000	0.0	-	147.622
0-33	99.9	99.9	147.305	147.305	0.000	0.0	-	147.297
0-34	99.9	99.9	148.081	148.081	0.000	0.0	-	148.065
0-35	99.9	99.9	148.961	148.961	0.000	0.0	-	148.937
Note:								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo additivo residuo (residuo) / gram appl X 100 (g) (%)	
-0.027		
-0.013		
-0.003		
-0.007		
-0.012		
-0.008		
-0.015		
-0.014		
-0.009		
-0.013		
-0.012		
-0.015		
-0.019		
-0.016		
-0.022		
-0.024		
-0.016		
-0.015		
-0.005		
-0.010		
-0.022		
-0.020		
-0.020		
-0.022		
-0.017		
-0.024		
-0.005		
-0.022		
-0.003		
-0.013		
-0.016		
-0.016		
-0.008		
-0.016		
-0.024		
Media (intervallo)		
-0.015	-	-
BIANCO-300°C		

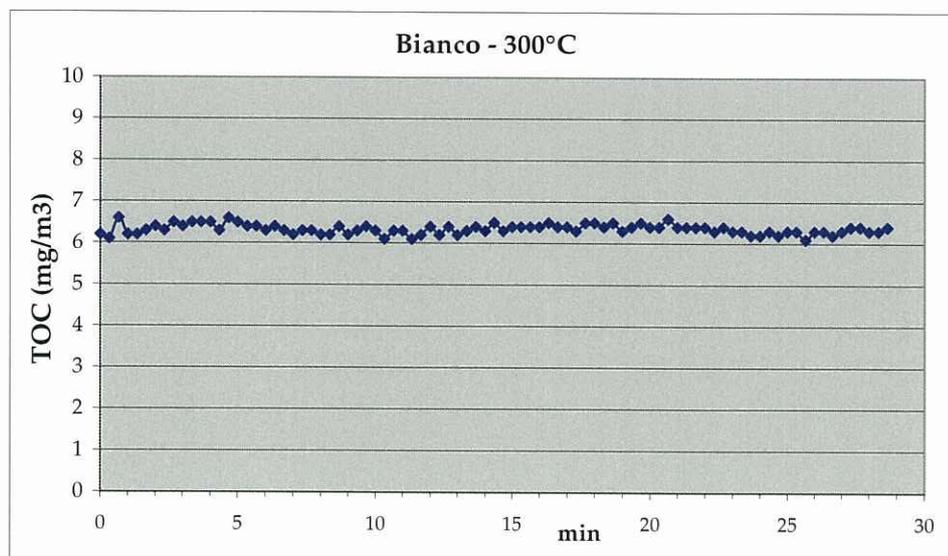
Tab. 6.30-b – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 20	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: BIANCO		Grammatura (teorica): 0 g/m2		300°C		
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.0 mm/min			Velocità impostata rulli: 179 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
0-1	10.52					
0-2						
0-3						
0-4						
0-5						
0-6						
0-7						
0-8						
0-9						
0-10						
0-11						
0-12						
0-13						
0-14						
0-15						
0-16						
0-17	11.18	11.19.00	49,127	6	0	PROVA
0-18						
0-19						
0-20						
0-21	11.23					
0-22						
0-23						
0-24		11.29.00	49,311	6	0	
0-25						
0-26						
0-27						
0-28	11.35					
0-29						
0-30	11.39					
0-31		11.42.00	49,542	6	0	
0-32						
0-33						
0-34						
0-35		11.49.00	49,662			

NOTE: 1'36",53 per piastrella

Tab. 6.30-c – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – Centro Ceramico

Centro Ceramico Bologna			Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC									
Prova (n°): 20			Additivo chimico: BIANCO				Temperatura cottura: 300°C					
Inizio ore: 11.20			Fondo scala (*): 6.0				Fine ore: 11.49		[mg/m3]			
6.2	6.1	6.6	6.2	6.2	6.3	6.4	6.3	6.5	6.4	6.5	6.5	
6.5	6.3	6.6	6.5	6.4	6.4	6.3	6.4	6.3	6.2	6.3	6.3	
6.2	6.2	6.4	6.2	6.3	6.4	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.2	
6.4	6.2	6.4	6.2	6.3	6.4	6.3	6.5	6.3	6.4	6.4	6.4	
6.4	6.5	6.4	6.4	6.3	6.5	6.5	6.4	6.5	6.3	6.4	6.5	
6.4	6.4	6.6	6.4	6.4	6.4	6.4	6.3	6.4	6.3	6.3	6.2	
6.2	6.3	6.2	6.3	6.3	6.1	6.3	6.3	6.2	6.3	6.4	6.4	
6.3	6.3	6.4										
Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente. Valore medio: 6.3 mg/m3 (lordo)												
La lettura del TOC avviene ogni 20s.												



PROVA (mg/m3)
 Valore medio: 6.3
 Valore minimo: 6.1
 Valore massimo: 6.6
 FS= 6.0

Tab. 6.30-d – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 18	Temperatura ambiente (°C): 18			Grammatura (teorica): 0 g/m2			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:	BIANCO						900°C	
Campione [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
T-1	99.9	99.9	150.305	150.305	0.000	0.0	-	150.293
T-2	99.9	99.9	149.495	149.495	0.000	0.0	-	149.491
T-3	99.9	99.9	146.592	146.592	0.000	0.0	-	146.586
T-4	99.9	99.9	147.517	147.517	0.000	0.0	-	147.522
T-5	99.9	99.9	148.196	148.196	0.000	0.0	-	148.198
T-6	99.9	99.9	145.696	145.696	0.000	0.0	-	145.698
T-7	99.9	99.9	148.202	148.202	0.000	0.0	-	148.198
T-8	99.9	99.9	149.040	149.040	0.000	0.0	-	149.029
T-9	99.9	99.9	148.128	148.128	0.000	0.0	-	148.104
T-10	99.9	99.9	147.531	147.531	0.000	0.0	-	147.508
T-11	99.9	99.9	146.965	146.965	0.000	0.0	-	146.941
T-12	99.9	99.9	146.995	146.995	0.000	0.0	-	146.972
T-13	99.9	99.9	149.346	149.346	0.000	0.0	-	149.327
T-14	99.9	99.9	147.132	147.132	0.000	0.0	-	147.111
T-15	99.9	99.9	148.006	148.006	0.000	0.0	-	147.981
T-16	99.9	99.9	150.266	150.266	0.000	0.0	-	150.247
T-17	99.9	99.9	148.832	148.832	0.000	0.0	-	148.813
T-18	99.9	99.9	148.152	148.152	0.000	0.0	-	148.143
T-19	99.9	99.9	147.568	147.568	0.000	0.0	-	147.537
T-20	99.9	99.9	147.882	147.882	0.000	0.0	-	147.847
T-21	99.9	99.9	147.257	147.257	0.000	0.0	-	147.231
T-22	99.9	99.9	148.329	148.329	0.000	0.0	-	148.309
Note:								

ΔP (Pcotto - Psecco) (g)	residuo	
	additivo residuo (g)	(residuo) / gram appl x 100 (%)
-0.012	-	-
-0.004	-	-
-0.006	-	-
0.005	-	-
0.002	-	-
0.002	-	-
-0.004	-	-
-0.011	-	-
-0.024	-	-
-0.023	-	-
-0.024	-	-
-0.023	-	-
-0.019	-	-
-0.021	-	-
-0.025	-	-
-0.019	-	-
-0.019	-	-
-0.009	-	-
-0.031	-	-
-0.035	-	-
-0.026	-	-
-0.020	-	-
Media (intervallo)		
-0.023	-	-
BIANCO-900°C		

Tab. 6.30-e – Dati generali della prova di trattamento termico

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 18	Temperatura ambiente (°C): 18		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: BIANCO		Grammatura (teorica): 0 g/m2			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.6 mm/min			Velocità impostata rulli: 60.7 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [dm ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
T-1	9.30					
T-2						
T-3						
T-4						
T-5						
T-6						
T-7						
T-8						
T-9						
T-10						
T-11						
T-12						
T-13						
T-14						
T-15	10.35	10.37.00	42205	16		PROVA
T-16						
T-17						
T-18						
T-19	10.54	10.57.00	44595	16		
T-20	10.58	10.59.00	44828	16		
T-21						
T-22						
NOTE:		4'51" per piastrella				

Tab. 6.31.a – Specifica delle prove eseguite in laboratorio

Prova	n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Condotta di estrazione e prelievo dei fumi																						
Diametro	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sezione	m²	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Centralina																						
Lettura iniziale	dm³	186	903	3147	6604	2050	5536	8400	11434	15780	19060	22396	24770	28624	30646	34626	37996	40215	44205	46937	49127	50404
Orario	h:min:ss	12.43.00	10.48.43	12.40.35	15.33.00	11.12.10	14.06.56	16.30.10	10.59.00	14.34.05	11.04.00	13.52.30	15.54.45	12.08.00	15.12.00	11.51.30	14.30.30	16.16.30	10.37.00	12.57.45	11.19.00	12.34.00
Temperatura	°C	20	15	15	15	15	18	18	14	18	12	14	14	14	18	16	16	16	16	18	6	8
Pressione	cmHg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lettura finale	dm³	806	1503	3747	7207	2561	6116	8986	12030	16353	19668	22996	25203	29047	31120	35262	38607	40825	44828	47525	49662	50885
Orario	h:min:ss	13.13.00	11.18.35	13.10.35	16.03.00	11.37.50	14.35.55	16.59.33	11.28.25	15.03.15	11.34.45	14.23.00	16.26.45	12.41.15	15.44.45	12.21.30	15.00.30	16.46.30	10.59.00	13.27.45	11.49.00	13.04.00
Delta Volumi	dm³	620	600	600	603	511	580	586	596	573	608	600	433	423	474	636	611	610	623	588	535	481
Delta tempo	h:min:ss	0.30.00	0.29.52	0.30.00	0.30.00	0.25.40	0.28.59	0.29.23	0.29.25	0.29.10	0.30.45	0.30.30	0.32.00	0.33.15	0.32.45	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.22.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00
	l/min	20.67	20.09	20.00	20.10	19.91	20.01	19.94	20.26	19.65	19.77	19.67	13.53	12.72	14.47	21.20	20.37	20.33	28.32	19.60	17.83	16.03
Velocità nel condotto	m/s	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.11	0.11	0.12	0.18	0.17	0.17	0.24	0.17	0.15	0.14
	Nm³	0.58	0.57	0.57	0.57	0.48	0.54	0.55	0.57	0.54	0.58	0.57	0.41	0.40	0.44	0.60	0.58	0.58	0.59	0.55	0.52	0.47
Portata	Nm³/h	1.16	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.12	1.16	1.11	1.14	1.12	0.77	0.73	0.81	1.20	1.15	1.15	1.61	1.10	1.05	0.93
Volume interno del forno																						
Larghezza	mm	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Lunghezza	mm	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235
Altezza	mm	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Volume interno	m³	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161
Volume dei rulli	m³	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Piastrelle lato A	mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Piastrelle lato B	mm	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Piastrelle Spessore	mm	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
Lunghezza tappeto	mm	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253
Volume occupato	m³	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Volume libero	m³	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
Lavaggio	n°/min	1.40	1.39	1.38	1.39	1.37	1.37	1.36	1.40	1.34	1.38	1.36	0.94	0.88	0.99	1.46	1.40	1.40	1.95	1.34	1.27	1.13
Additivo		DEG	DEG	DPM	DPM	DEG	DEG	DPM	PAcr-Na	PAcr-Na	CMC	CMC	ACRM	ACRM	PAcr-Na	PEG 400	PEG 400	DPG	Bianco	PEG 400	Bianco	DEG
Grammatura (*)	g/piastrella	0.258	0.251	0.253	0.261	0.264	0.252	0.235	0.109	0.110	0.107	0.112	0.106	0.112	0.107	0.291	0.327	0.276	0.000	0.308	0.000	0.256
Δ P (cotto - secco) = residuo/piastrella	g/piastrella	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
Temperatura prova	°C	700	300	300	500	500	700	700	300	500	300	500	500	900	900	300	500	500	900	700	300	300
Tempo ingresso piastrella min. sec	n.r	n.r	1.47	1.37	2.44	2.35	3.48	3.47	1.37	2.44	1.37	2.44	2.44	4.55	4.51	1.37	2.44	2.44	4.51	3.46	1.37	1.37
Gradiente	°C/min	26	27	30	29	31	29	30	30	29	30	29	29	29	30	30	29	29	30	30	30	30
Tempo ciclo (1/2 forno)	min	27	11	10	17	16	24	24	10	17	10	17	17	31	30	10	17	17	30	24	10	10
Velocità	mm/min	22.9	55.3	61.0	36.1	38.2	25.9	26.1	61.0	36.1	61.0	36.1	36.1	20.0	20.3	61.0	36.1	36.1	20.3	26.2	61.0	61.0
Produzione	m²	0.069	0.165	0.183	0.108	0.098	0.075	0.077	0.179	0.105	0.187	0.110	0.115	0.067	0.067	0.183	0.108	0.108	0.045	0.079	0.183	0.183
Additivo introdotto	g	1.77	4.14	4.63	2.82	2.59	1.89	1.80	1.95	1.16	2.01	1.23	1.23	0.75	0.71	5.32	3.54	2.99	0.00	2.42	0.00	4.68
Δ additivo (secco - dopo trattamento)	g	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.699	0.074	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055

(*) principio attivo.

Tab. 6.31.b – Specifica delle prove eseguite in laboratorio (continuazione)

Prova		n°	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	39	40	41	42
Condotto di estrazione e prelievo dei fumi																						
Diametro	m		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sezione	m ²		0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Centralina																						
Letture iniziale	dm ³		4216	9089	63632	67364	69759	74654	77458	81762	84819	90173	3124	8719	5389	13250	24978	2376	7473	4475	50028	7256
Orario	h:min:ss		11.42.30	15.05.00	11.21.30	14.35.00	11.30.45	14.53.30	11.01.00	14.47.30	11.16.30	15.10.30	11.04.30	14.56.00	11.27.00	15.36.30	11.41.28	15.55.00	11.16.00	15.32.00	11.10.30	15.39.30
Temperatura	°C		20	20	19	21	24	26	26	28	26	28	22	22	22	23	23.5	24	26	25	26	27
Pressione	cmHg		0	0	0	0	0	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Letture finale	dm ³		4915	10003	64152	67998	70385	75451	77997	82376	85440	90855	3733	9650	6355	14209	25926	3228	8223	5361	50830	8132
Orario	h:min:ss		12.12.30	15.35.00	11.52.30	15.05.00	12.02.00	15.24.30	11.31.00	15.17.30	11.46.30	15.40.30	11.34.30	15.26.00	11.57.00	16.06.30	12.13.00	16.25.00	11.45.00	16.04.00	11.40.30	16.09.30
Delta Volumi	dm ³		699	914	520	634	626	797	539	614	621	682	609	931	966	959	948	852	750	886	802	876
Delta tempo	h:min:ss		0.30.00	0.30.00	0.31.00	0.30.00	0.31.15	0.31.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.31.32	0.30.00	0.29.00	0.32.00	0.30.00	0.30.00
Velocità nel condotto	l/min		23.30	30.47	16.77	21.13	20.03	25.71	17.97	20.47	20.70	22.73	20.30	31.03	32.20	31.97	30.06	28.40	25.86	27.69	26.73	29.20
	m/s		0.20	0.26	0.14	0.18	0.17	0.22	0.15	0.17	0.18	0.19	0.17	0.26	0.27	0.27	0.26	0.24	0.22	0.24	0.23	0.25
	Nm ³		0.65	0.85	0.49	0.59	0.58	0.73	0.49	0.56	0.57	0.62	0.56	0.86	0.89	0.88	0.87	0.78	0.68	0.81	0.73	0.80
Portata	Nm³/h		1.30	1.70	0.94	1.18	1.10	1.41	0.98	1.11	1.13	1.23	1.13	1.72	1.79	1.77	1.66	1.57	1.42	1.52	1.46	1.59
Volume interno del forno																						
Larghezza	mm		145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145
Lunghezza	mm		1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235	1235
Altezza	mm		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Volume interno	m ³		0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161
Volume dei rulli	m ³		0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Piastrelle lato A	mm		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Piastrelle lato B	mm		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Spessore	mm		9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
Lunghezza tappeto	mm		1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253	1253
Volume occupato	m ³		0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Volume libero	m ³		0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
Lavaggio	n°/min		1.58	2.07	1.14	1.43	1.34	1.71	1.19	1.35	1.37	1.50	1.37	2.09	2.17	2.15	2.01	1.90	1.72	1.85	1.78	1.93
Additivo			PEG 400	PEG 400	MEG	MEG	MPG	MPG	DPG	DPG	NPG	NPG	PEG 4000	PEG 4000	ACRM	CMC	PVA	PVA	PVAc	PVAc	DES	DES
Grammatura (*)	g/piastrella		0.277	0.275	0.253	0.248	0.234	0.255	0.240	0.253	0.260	0.244	0.262	0.256	0.116	0.114	0.114	0.116	0.114	0.114	0.115	0.114
Δ P (cotto - secco) = residuo/piastrella	g/piastrella		0.007	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.006	0.000	0.007	0.000	0.011	0.000	0.018	0.000
Temperatura prova	°C		300	700	300	700	300	700	300	700	300	700	300	700	300	900	300	900	300	900	300	900
Tempo ingresso piastrella	min. sec		1.38	3.41	1.38	3.43	1.37	3.41	1.36	3.41	1.37	3.43	1.36	3.44	1.34	4.54	1.37	4.51	1.36	4.51	1.36	4.51
Gradiente	°C/min		29	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	29	30	30	30	30	30	30
Tempo ciclo (1/2 forno)	min		10	23	10	23	10	23	10	23	10	23	10	23	10	31	10	30	10	30	10	30
Velocità	mm/min		60.3	26.8	60.3	26.5	61.0	26.8	61.6	26.8	61.0	26.5	61.6	26.4	62.9	20.1	61.0	20.3	61.6	20.3	61.6	20.3
Produzione	m ²		0.181	0.080	0.187	0.080	0.191	0.083	0.185	0.080	0.183	0.080	0.185	0.079	0.189	0.060	0.192	0.061	0.179	0.065	0.185	0.061
Additivo introdotto	g		5.01	2.21	4.73	1.97	4.46	2.12	4.44	2.03	4.76	1.94	4.84	2.03	2.19	0.69	2.19	0.71	2.04	0.74	2.13	0.70
Delta additivo (secco - dopo trattamento)	g		0.127	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.113	0.000	0.135	0.000	0.197	0.000	0.333	0.000

(*) principio attivo

Tab. 6.32-a – Risultati delle analisi di sostanze organiche nell’emissione gassosa - concentrazioni.

Additivo - T°cottura	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI								
	Carbonio Tot	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole	Derivati del DPM	
	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	
BIANCO - 300°C	<1.0	0.7	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
BIANCO - 900°C	5.5	21.8	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MEG - 300°C	20.7	8.8	10.9	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	837	-	-	-	-	-	-	-	
MEG - 700°C	27.7	7.6	12.4	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	974	73	-	-	-	-	-	-	
DEG - 300°C	13.0	9.5	11.4	0.3	<0.1	0.1	-	-	0.1	-	-	-	-	125	-	-	-	-	-	-	
DEG - 300°C bis	6.4	10.3	11.8	0.1	0.1	1.4	-	-	0.1	-	-	-	-	530	-	-	-	-	-	-	
DEG - 500°C	98.0	31.8	14.0	0.1	0.4	0.2	-	-	-	0.1	-	-	-	127	-	-	487	-	-	-	
DEG - 700°C	120.0	32.7	1.3	0.1	0.7	-	tracce	-	0.1	-	-	-	-	122	-	-	924	-	-	-	
MPG - 300°C	69.0	7.8	8.3	4.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135	-	-	-	-	
MPG - 700°C	117.0	9.2	8.0	5.1	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	996	-	-	-	-	
DPG - 300°C	36.0	5.2	6.3	7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	79.3	-	-	-	
DPG - 500°C	181.0	25.6	0.8	1.6	2.8	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	270	-	-	330	
DPG - 700°C	181.0	9.6	6.7	4.0	0.8	-	0.1	-	-	-	-	-	-	15.6	-	2.8	788	-	-	-	
NPG - 300°C	63.0	9.9	1.1	0.2	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
NPG - 700°C	280.0	9.4	3.3	0.6	0.5	-	0.5	-	0.1	-	3.1	-	-	-	-	-	-	-	232	-	
DPM - 300°C	98.0	19.3	14.2	18.4	0.2	-	0.3	0.1	0.6	0.3	-	-	-	0.8	-	-	-	75	-	75	
DPM - 500°C	387.0	33.3	1.7	4.8	0.8	tracce	0.2	-	0.2	0.1	-	-	-	49.6	-	-	-	162	-	108	
DPM - 700°C	210.0	33.5	1.5	1.3	0.5	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	225	-	310	
PEG 400 - 300°C	34.5	30.3	0.1	0.2	0.3	0.1	-	-	0.1	-	-	-	-	54.6	-	-	-	-	-	-	
PEG 400 - 300°C bis	34.5	25.9	0.5	0.2	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	4.9	34.9	-	-	-	-	-	-	
PEG 400 - 500°C	51.5	32.2	0.2	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	10.5	85.7	-	-	-	-	-	-	
PEG 400 - 700°C	93.0	28.7	0.1	0.1	0.2	-	-	-	0.1	-	-	-	-	23.2	-	-	-	-	-	-	
PEG 400 - 700°C bis	33.6	22.2	2.1	0.1	0.2	-	-	-	0.1	-	-	-	45.4	552	-	-	-	-	-	-	
PEG 4000 - 300°C	48.0	12.8	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6	140	4.3	-	-	-	-	
PEG 4000 - 700°C	56.0	12.7	1.3	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	13.7	271	1.1	-	-	-	-	
PACr-Na - 300°C	11.5	0.5	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PACr-Na - 500°C	18.5	9.7	12.8	1.2	3.2	0.2	0.3	0.1	0.5	0.1	-	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	
PACr-Na - 900°C	9.0	7.2	10.8	0.5	2.6	0.2	0.2	0.1	0.3	tracce	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	
CMC - 300°C	5.0	0.3	0.5	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CMC - 500°C	11.0	0.7	10.0	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CMC - 900°C	6.4	1.0	4.3	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
DES - 300°C	1.6	2.5	1.2	-	0.1	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DES - 900°C	12.0	9.0	3.2	0.2	0.5	-	0.1	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
ACRM - 300°C	3.5	0.3	0.2	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ACRM - 500°C	9.0	0.1	4.4	0.3	-	0.1	tracce	0.1	-	-	-	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-	
ACRM - 900°C	6.0	0.1	1.2	0.1	-	-	-	-	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PVA - 300°C	13.0	2.5	14.1	0.1	0.1	1.1	0.1	0.1	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
PVA - 900°C	50.0	4.9	13.3	0.2	0.2	0.8	0.1	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
PVAc - 300°C	<1	1.5	0.7	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	
PVAc - 900°C	14.0	9.0	4.0	0.4	0.2	0.1	-	0.1	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	

NOTE:

Derivati del DPG (come DEG)

DPG + derivati (probabile contaminazione del forno)

DES - 300, 900°C: 0.1mg/Nmc furanaldeide

Tab. 6.32-b – Risultati delle analisi di sostanze organiche nell’emissione gassosa - concentrazioni (continuazione).

Additivo - T°cottura	Analisi COV																					CO mg/Nmc
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Altri composti ossigenati	Derivati diossano/diossolano	4 Metil 1.3diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Isobutil Nitrile	2.2 Dimetil 1.3 diossolano	Metil etil chetone	
	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	
BIANCO - 300°C	<0.5	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
BIANCO - 900°C	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
MEG - 300°C	0.4	-	8.9	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47
MEG - 700°C	0.3	0.5	5.6	1.0	1.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500
DEG - 300°C	<0.5	3.3	<0.5	<0.5	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 300°C bis	0.2	6.9	<0.5	<0.5	<0.5	12.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 500°C	2.1	17.0	4.2	1.2	<0.5	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 700°C	1.9	29.0	3.5	1.5	9.0	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
MPG - 300°C	6.0	-	-	-	-	-	51.2	8.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
MPG - 700°C	14.9	-	-	-	14.5	-	14.5	7.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	413
DPG - 300°C	5.9	-	<0.5	-	-	-	44.4	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	25
DPG - 500°C	15.9	0.9	0.6	-	18.1	-	102.4	12.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPG - 700°C	5.9	-	<0.5	-	4.6	-	78.2	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	750
NPG - 300°C	13.5	-	-	-	-	-	43.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50
NPG - 700°C	42.6	-	-	-	-	-	67.9	-	-	-	-	-	-	-	3.1	-	-	-	-	-	-	837
DPM - 300°C	4.6	0.8	-	-	<0.5	-	102.4	-	2.0	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPM - 500°C	20.0	2.4	-	-	<0.5	-	39.7	-	7.0	3.7	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPM - 700°C	16.4	2.0	-	-	6.1	-	19.4	-	2.2	3.7	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 300°C	1.6	4.1	17.2	0.9	10.5	1.8	1004	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 300°C bis	0.9	4.2	15.2	1.1	2.2	6.7	684	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	344
PEG 400 - 500°C	1.0	5.9	24.4	1.3	14.5	4.0	1474	-	-	-	-	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 700°C	1.5	21.2	14.5	2.1	5.8	-	339	-	-	-	-	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 700°C bis	0.6	11.3	10.2	0.7	4.1	5.2	809	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400
PEG 4000 - 300°C	0.4	2.7	11.1	0.7	6.7	-	87.3	-	-	-	-	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	388
PEG 4000 - 700°C	0.3	2.4	3.7	0.3	7.7	-	45	-	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	412
PAcr-Na - 300°C	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PAcr-Na - 500°C	0.6	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.3	<0.5	-	-	-	-	-	n.r.
PAcr-Na - 900°C	0.5	<0.5	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.4	<0.5	-	-	-	-	-	n.r.
CMC - 300°C	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
CMC - 500°C	3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	n.r.
CMC - 900°C	2.0	<0.5	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	81
DES - 300°C	0.5	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
DES - 900°C	0.5	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	181
ACRM - 300°C	0.3	<0.5	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	<0.5	-	-	-	10
ACRM - 500°C	1.5	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	2.0	<0.5	-	-	n.r.
ACRM - 900°C	1.0	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	n.r.
PVA - 300°C	1.5	-	-	-	2.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	<0.5	-	-	-	-	15
PVA - 900°C	10.0	-	-	-	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	<0.5	-	-	-	-	181
PVAc - 300°C	0.5	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	15
PVAc - 900°C	<0.5	-	-	-	15.5	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	0.8	-	-	-	-	-	-	144

NOTE:

Derivati del PEG 400 + derivati del diossano/diossolano

PVA - 900°C: <0.5mg/Nmc 2metil furano.

6.1.2.1.3 Fattori di emissione (FE)

Come noto, si usa il FE di inquinanti in quanto è l'unico parametro adeguato per effettuare confronti delle emissioni gassose, fra i diversi additivi e le diverse temperature di cottura. Le concentrazioni rappresentano un risultato fondamentale nel processo di caratterizzazione dell'emissione gassosa e di calcolo dei citati fattori di emissione, ma non costituiscono una corretta base di confronto e di valutazione di diversi materiali e tecniche.

In Tab. 6.33 sono riportati i Fattori di Emissione delle diverse sostanze organiche oggetto della ricerca, calcolati per ogni prova e riferiti a 1 g di additivo organico in ingresso.

I FE risultano dall'elaborazione dei dati primari – concentrazioni - e si riferiscono all'unità di massa di additivo [mg/g], in dettaglio, milligrammo di sov per grammo di additivo. In questo modo, risulta immediata la portata massica delle sov riferita ad ogni singolo additivo studiato e temperatura di prova, tornando possibile così un confronto diretto tra le derivazioni degli additivi in emissione. Il FE viene calcolato secondo la equazione (1):

$$\boxed{FE_{(SOV\ i; Add\ a)} = Q/FMa \times C_i} \quad (1)$$

dove,

C_i: concentrazione della sostanza "i" rilevata nell'emissione, [mg/Nm³];

Q: portata dell'emissione (determinata dall'aspirazione della centralina), [Nm³/h];

FMa: flusso massico dell'additivo "a" in ingresso, [g/h].

I dati ed i risultati necessari per il calcolo dei FE (Tab. 6.33) delle sostanze rilevate nelle analisi e riportate alla Tab. 6.32, sono in Tab. 6.34.

Tab. 6.33-a – Elaborazione dei risultati delle analisi dell'emissione gassosa. Calcolo dei Fattori di Emissione (FE), con riferimento a 1 g di additivo organico in ingresso.

Additivo - T°cottura	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI							
		Carbonio Tot	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole
FE=CxQ/FMa	[mg cov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]
BIANCO - 300°C *																				
BIANCO - 900°C *																				
MEG - 300°C	2.1	0.90	1.11	0.01	0.02	-	-	-	-	-	-	-	85.6	-	-	-	-	-	-	-
MEG - 700°C	8.3	2.27	3.71	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	291.5	21.8	-	-	-	-	-	-
DEG - 300°C	1.8	1.30	1.56	0.04	0.01	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	17.1	-	-	-	-	-	-
DEG - 300°C bis	0.6	1.02	1.17	0.01	0.01	0.14	-	-	0.01	-	-	-	-	52.4	-	-	-	-	-	-
DEG - 500°C	18.3	5.94	2.61	0.02	0.07	0.04	-	-	-	0.02	-	-	-	23.7	-	-	90.9	-	-	-
DEG - 700°C	34.6	9.44	0.38	0.03	0.20	-	tracce	-	0.03	-	-	-	-	35.2	-	-	266.6	-	-	-
MPG - 300°C	8.8	1.00	1.06	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	-	-	-	-
MPG - 700°C	40.1	3.15	2.74	1.75	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	19.5	-	341.2	-	-	-	-
DPG - 300°C	4.0	0.57	0.70	0.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	8.8	-	-	-
DPG - 500°C	34.8	4.92	0.15	0.31	0.54	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.9	-	-	63.5
DPG - 700°C	49.2	2.61	1.82	1.09	0.22	-	0.03	-	-	-	-	-	-	4.2	-	0.8	214.2	-	-	-
NPG - 300°C	7.5	1.18	0.13	0.02	-	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NPG - 700°C	88.4	2.97	1.04	0.19	0.16	-	0.16	-	0.03	-	0.98	-	-	-	-	-	-	-	73.3	-
DPM - 300°C	12.1	2.38	1.75	2.27	0.02	-	0.04	0.01	0.07	0.04	-	-	-	0.1	-	-	-	9.2	-	9.2
DPM - 500°C	78.0	6.72	0.34	0.97	0.16	tracce	0.04	-	0.04	0.02	-	-	-	10.0	-	-	-	32.7	-	21.8
DPM - 700°C	63.9	10.20	0.46	0.40	0.15	0.03	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	68.5	-	94.3
PEG 400 - 300°C	3.9	3.41	0.01	0.02	0.03	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	6.2	-	-	-	-	-	-
PEG 400 - 300°C bis	4.5	3.35	0.06	0.03	0.01	-	-	-	0.01	-	-	-	0.6	4.5	-	-	-	-	-	-
PEG 400 - 500°C	8.4	5.23	0.03	0.02	0.03	-	-	-	-	-	-	-	1.7	13.9	-	-	-	-	-	-
PEG 400 - 700°C	21.1	6.52	0.02	0.02	0.05	-	-	-	0.02	-	-	-	-	5.3	-	-	-	-	-	-
PEG 400 - 700°C bis	12.9	8.50	0.80	0.04	0.08	-	-	-	0.04	-	-	-	17.4	211.4	-	-	-	-	-	-
PEG 4000 - 300°C	5.6	1.49	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9	16.3	0.50	-	-	-	-
PEG 4000 - 700°C	23.8	5.39	0.55	0.04	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8	114.9	0.47	-	-	-	-
PAcr-Na - 300°C	3.3	0.15	0.12	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PACr-Na - 500°C	8.6	4.52	5.96	0.56	1.49	0.09	0.14	0.05	0.23	0.05	-	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-
PACr-Na - 900°C	5.6	4.47	6.71	0.31	1.62	0.12	0.12	0.06	0.19	tracce	-	0.25	-	-	-	-	-	-	-	-
CMC - 300°C	1.5	0.09	0.15	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CMC - 500°C	5.0	0.32	4.58	0.27	0.09	0.09	0.09	0.09	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CMC - 900°C	8.2	1.29	5.54	0.64	0.26	0.26	0.13	0.13	0.39	-	-	0.13	-	-	-	-	-	-	-	-
DES - 300°C	0.5	0.86	0.41	-	0.03	0.03	0.03	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DES - 900°C	13.5	10.11	3.60	0.22	0.56	-	0.11	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-
ACRM - 300°C	1.4	0.12	0.08	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACRM - 500°C	3.0	0.03	1.48	0.10	-	0.03	tracce	0.03	-	-	-	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-
ACRM - 900°C	3.3	0.05	0.65	0.05	-	-	-	-	tracce	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PVA - 300°C	5.2	0.99	5.61	0.04	0.04	0.44	0.04	0.04	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-
PVA - 900°C	55.1	5.40	14.65	0.22	0.22	0.88	0.11	0.11	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-
PVAc - 300°C	0.3	0.50	0.23	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
PVAc - 900°C	15.3	9.85	4.38	0.44	0.22	0.11	-	0.11	-	-	-	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-

NOTE:

Derivati del DPG (come DEG)

DPG + derivati (probabile contaminazione del forno)

DES - 300°C: furanaldeide 0,03mg/g add; 900°C: 0,11mg/g add.

Per il calcolo del fattore di emissione delle sostanze con valori di concentrazioni <0,5 mg/Nmc si è assunto, in via cautelativa, il valore di 0,5 mg/Nmc.

* Il calcolo del fattore di emissione non è applicabile al Bianco poiché è relativo all'additivo usato.

Tab. 6.33-b – Elaborazione dei risultati delle analisi dell'emissione gassosa. Calcolo dei Fattori di Emissione (FE), con riferimento a 1 g di additivo organico in ingresso – continuazione.

Additivo - T°cottura	Analisi COV																				CO	
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Altri composti ossigenati	Derivati diossano/diossolano	4 Metil 1.3diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Isobutil Nitrile	2.2 Dimetil 1.3 diossolano		Metil etil chetone
FE=CxQ/FMa	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg CO/g add]
BIANCO - 300°C *																						n.r.
BIANCO - 900°C *																						n.r.
MEG - 300°C	0.04	-	0.91	0.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8
MEG - 700°C	0.09	0.15	1.68	0.30	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	149.6
DEG - 300°C	0.07	0.45	0.07	0.07	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 300°C bis	0.02	0.68	0.05	0.05	0.05	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 500°C	0.39	3.17	0.78	0.22	0.09	0.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DEG - 700°C	0.55	8.37	1.01	0.43	2.60	1.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
MPG - 300°C	0.77	-	-	-	-	-	6.55	1.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.4
MPG - 700°C	5.10	-	-	-	4.97	-	4.97	2.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	141.5
DPG - 300°C	0.65	-	0.06	-	-	-	4.91	0.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	2.8
DPG - 500°C	3.06	0.17	0.12	-	3.48	-	19.70	2.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPG - 700°C	1.60	-	0.14	-	1.25	-	21.25	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	203.8
NPG - 300°C	1.60	-	-	-	-	-	5.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.9
NPG - 700°C	13.45	-	-	-	-	-	21.44	-	-	-	-	-	-	-	0.98	-	-	-	-	-	0.07	264.3
DPM - 300°C	0.57	0.10	-	-	0.06	-	12.6	-	0.25	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPM - 500°C	4.03	0.48	-	-	0.10	-	8.0	-	1.41	0.75	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
DPM - 700°C	4.99	0.61	-	-	1.86	-	5.9	-	0.67	1.13	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 300°C	0.18	0.46	1.94	0.10	1.18	0.20	113.1	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 300°C bis	0.12	0.54	1.96	0.14	0.28	0.87	88.4	-	-	-	-	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44.5
PEG 400 - 500°C	0.16	0.96	3.96	0.21	2.35	0.65	239.3	-	-	-	-	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 700°C	0.34	4.82	3.29	0.48	1.32	-	77.0	-	-	-	-	0.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PEG 400 - 700°C bis	0.23	4.33	3.91	0.27	1.57	1.99	309.9	-	-	-	-	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	153.2
PEG 4000 - 300°C	0.05	0.31	1.29	0.08	0.78	-	10.1	-	-	-	-	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.1
PEG 4000 - 700°C	0.13	1.02	1.57	0.13	3.27	-	19.1	-	-	-	-	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174.8
PAcr-Na - 300°C	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
PAcr-Na - 500°C	0.28	0.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.14	0.23	-	-	-	-	-	-	n.r.
PAcr-Na - 900°C	0.31	0.31	-	-	0.31	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.25	0.31	-	-	-	-	-	-	n.r.
CMC - 300°C	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
CMC - 500°C	1.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	0.23	-	-	-	-	n.r.
CMC - 900°C	2.57	0.64	-	-	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	-	-	-	-	-	104.3
DES - 300°C	0.17	-	-	-	0.69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.15
DES - 900°C	0.56	-	-	-	2.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	-	-	-	-	-	203.4
ACRM - 300°C	0.12	0.20	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.20	-	-	-	-	0.20	-	-	-	4.1
ACRM - 500°C	0.50	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	0.67	0.17	-	-	n.r.
ACRM - 900°C	0.54	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.27	-	-	-	n.r.
PVA - 300°C	0.60	-	-	-	1.11	-	-	-	-	-	-	-	-	0.20	-	0.20	-	-	-	-	-	6.0
PVA - 900°C	11.02	-	-	-	20.38	-	-	-	-	-	-	-	-	0.55	-	0.55	-	-	-	-	-	199.4
PVAc - 300°C	0.17	-	-	-	0.33	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0
PVAc - 900°C	0.55	-	-	-	16.97	-	-	-	-	-	-	-	0.55	0.88	-	-	-	-	-	-	-	157.6

NOTE:

PVA - 900°C: 2metil furano 0.55mg/g add .

Derivati del PEG 400 + derivati del diossano/diossolano

Per il calcolo del fattore di emissione delle sostanze con valori di concentrazioni <0,5 mg/Nmc si è assunto, in via cautelativa, il valore di 0,5 mg/Nmc.

* Il calcolo del fattore di emissione non è applicabile al Bianco poiché è relativo all'additivo usato.

Tab. 6.34 - Calcolo del rapporto Q/FMa utilizzato per il calcolo del Fattore di Emissione (FE), dato per il prodotto di questo con la concentrazione di ogni singola sostanza rilevata (Tab. 6.32).

Prodotto - T°cottura	grammatura media applicata [g/m2]	velocità di avanzamento [mm/min]	produzione oraria [m2/h]	FMa	Q	Q/FMa	C _i [mg/Nm3]	FE
				additivo IN [g/h]	portata emissione [Nm3/h]			FE= C _i x Q/FMa [mg sost/g add]
BIANCO - 300°C	0.0	61.0	0.366	0.00	1.05	-	Tab. 6.32	-
BIANCO - 900°C	0.0	20.3	0.122	0.00	1.61	-	Tab. 6.32	-
MEG - 300°C	25.4	60.3	0.362	9.19	0.94	0.1023	Tab. 6.32	Tab. 6.33
MEG - 700°C	24.8	26.5	0.159	3.94	1.18	0.2992	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DEG - 300°C	25.1	55.3	0.332	8.33	1.14	0.1369	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DEG - 300°C bis	25.7	61.0	0.366	9.41	0.93	0.0989	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DEG - 500°C	26.4	38.2	0.229	6.05	1.13	0.1867	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DEG - 700°C	25.2	25.9	0.155	3.92	1.13	0.2886	Tab. 6.32	Tab. 6.33
MPG - 300°C	23.5	61.0	0.366	8.60	1.10	0.1279	Tab. 6.32	Tab. 6.33
MPG - 700°C	25.6	26.8	0.161	4.12	1.41	0.3425	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPG - 300°C	24.0	61.6	0.370	8.87	0.98	0.1105	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPG - 500°C	27.6	36.1	0.217	5.98	1.15	0.1924	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPG - 700°C	25.4	26.8	0.161	4.08	1.11	0.2718	Tab. 6.32	Tab. 6.33
NPG - 300°C	26.0	61.0	0.366	9.52	1.13	0.1187	Tab. 6.32	Tab. 6.33
NPG - 700°C	24.5	26.5	0.159	3.90	1.23	0.3157	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPM - 300°C	25.3	61.0	0.366	9.26	1.14	0.1231	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPM - 500°C	26.1	36.1	0.217	5.65	1.14	0.2017	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DPM - 700°C	23.5	26.1	0.157	3.68	1.12	0.3043	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 400 - 300°C	29.1	61.0	0.366	10.65	1.2	0.1127	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 400 - 300°C bis	27.8	60.3	0.362	10.06	1.3	0.1292	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 400 - 500°C	32.7	36.1	0.217	7.08	1.15	0.1624	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 400 - 700°C	30.8	26.2	0.157	4.84	1.1	0.2272	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 400 - 700°C bis	27.6	26.8	0.161	4.44	1.7	0.3830	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 4000 - 300°C	26.3	61.6	0.370	9.72	1.13	0.1162	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PEG 4000 - 700°C	25.6	26.4	0.158	4.06	1.72	0.4242	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PAcr-Na - 300°C	10.9	61.0	0.366	3.99	1.16	0.2908	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PAcr-Na - 500°C	11.0	36.1	0.217	2.38	1.11	0.4659	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PAcr-Na - 900°C	10.7	20.3	0.122	1.30	0.81	0.6215	Tab. 6.32	Tab. 6.33
CMC - 300°C	10.7	61.0	0.366	3.92	1.14	0.2911	Tab. 6.32	Tab. 6.33
CMC - 500°C	11.3	36.1	0.217	2.45	1.12	0.4576	Tab. 6.32	Tab. 6.33
CMC - 900°C	11.4	20.1	0.121	1.37	1.77	1.2874	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DES - 300°C	11.5	61.6	0.370	4.25	1.46	0.3435	Tab. 6.32	Tab. 6.33
DES - 900°C	11.4	20.3	0.122	1.39	1.56	1.1235	Tab. 6.32	Tab. 6.33
ACRM - 300°C	11.6	62.9	0.377	4.38	1.79	0.4089	Tab. 6.32	Tab. 6.33
ACRM - 500°C	10.6	36.1	0.217	2.30	0.77	0.3354	Tab. 6.32	Tab. 6.33
ACRM - 900°C	11.2	20	0.120	1.34	0.73	0.5432	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PVA - 300°C	11.4	61	0.366	4.17	1.66	0.3979	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PVA - 900°C	11.7	20.3	0.122	1.43	1.57	1.1017	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PVAc - 300°C	11.5	61.6	0.370	4.25	1.42	0.3341	Tab. 6.32	Tab. 6.33
PVAc - 900°C	11.4	20.3	0.122	1.39	1.52	1.0947	Tab. 6.32	Tab. 6.33

FMa: flusso massico orario del additivo "a" in ingresso al forno.

Q: portata dell'emissione alla centralina di aspirazione.

C_i: concentrazione di ogni singola sostanza rilevata nell'emissione dell'additivo "a" - Tab. 6.32.

FE: fattore di emissione del additivo "a" per la referente sostanza, dato per il prodotto di **Q/FMa** (che caratterizza la prova "X") per la concentrazione **C_i**, riportati alla Tab. 6.33.

6.1.2.2. Prodotti industriali

In seguito vengono riportati i risultati riferenti al trattamento termico in laboratorio dei prodotti industriali “A” (grès porcellanato smaltato – vide Tab. 4.6 e 4.7) e “B” (monoporosa – vide Tab. 4.8 e 4.9).

6.1.2.2.1. Specifiche delle prove

Le tabelle seguenti documentano, per ciascun prodotto e per ciascuna prova:

- la specifica delle prove: Tab. da 6.35 e 6.36 e Fig. 6.23 e 6.24;
- il quadro sinottico delle specifiche delle prove eseguite in laboratorio: Tab. 6.37;
- i risultati, in termini di composizione delle emissioni (concentrazioni delle SOV): Tab. 6.38;
- i risultati, in termini di fattori di emissione (FE) delle SOV: Tab. 6.39;
- i dati e le elaborazioni necessari per i calcoli dei FE di ogni singola sostanza rilevata nelle analisi delle emissioni: Tab. 6.40.

Le tabelle da 6.35 e 6.36, con la specifica delle prove, contengono in dettaglio, per ogni prodotto (miscela di additivi) A e B e per ogni temperatura di trattamento termico, varie informazioni come le regolazioni della linea di applicazione, i risultati delle misure effettuate sui provini, e la determinazione del Carbonio Organico Totale, già spiegate precedentemente in § 6.1.2.1.1.

6.1.2.2.2 Composizione delle emissioni

In Tab. 6.38 sono riportate le concentrazioni delle diverse sostanze organiche oggetto della ricerca, misurate nell'emissione gassosa nel corso di ogni prova, per i campioni estratti delle piastrelle industriali A e B, con i metodi specificati nel § 5.3.

Tab. 6.35-a – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 45		Temperatura ambiente (°C): 20		Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Prodotto industriale: A		Grammatura: 15.33 g/m ² (*)				300°C		
Campione (**) [sigla]	Dimensione lato (a) lato (b) [mm]		Peso secco dopo applic. [g]		Grammatura applicata [g/pz] [g/m ²]		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	A-1	100.10	100.30	-	235.886	0.154		
A-2	100.40	101.13	-	235.790	0.156			234.988
A-3	100.70	101.85	-	234.678	0.157			234.317
A-4	101.29	99.78	-	226.050	0.155			225.825
A-5	102.15	102.00	-	238.101	0.160			238.072
A-6	101.55	101.75	-	236.800	0.158			236.715
A-7	99.93	100.80	-	230.218	0.154			229.993
A-8	100.00	101.72	-	233.713	0.156			233.463
A-9	100.82	101.48	-	241.928	0.157			241.671
A-10	99.72	101.40	-	228.700	0.155			228.426
A-11	100.92	99.88	-	230.818	0.155			230.527
A-12	99.76	100.66	-	226.254	0.154			226.052
A-13	101.33	100.79	-	242.540	0.157			242.011
A-14	101.32	101.45	-	224.060	0.158			223.753
A-15	101.54	99.89	-	233.640	0.155			233.270
A-16	99.65	99.97	-	230.688	0.153			230.329
A-17	100.98	100.63	-	229.612	0.156			229.319
A-18	101.54	100.33	-	236.579	0.156			236.211
A-19	101.26	100.13	-	237.808	0.155			237.924
A-20	100.93	100.50	-	229.926	0.155			229.814
A-21	99.79	101.33	-	235.968	0.155			236.007
A-22	100.27	101.08	-	219.178	0.155			218.853
A-23	100.07	99.79	-	215.835	0.153			215.533
A-24	101.25	100.33	-	229.798	0.156			229.477
A-25	98.30	101.60	-	229.089	0.153			228.520
A-26	101.28	100.48	-	223.438	0.156			222.821
A-27	99.77	101.33	-	229.164	0.155			228.672
A-28	100.97	101.41	-	237.980	0.157			237.428
A-29	99.92	100.15	-	230.221	0.153			229.911
A-30	100.25	100.99	-	230.166	0.155			229.579
A-31	99.90	101.20	-	225.444	0.155			224.893
A-32	101.30	99.90	-	232.473	0.155			232.019
A-33	101.04	100.16	-	240.830	0.155			240.339
A-34	100.79	101.82	-	236.486	0.157			236.237
A-35	100.38	101.16	-	221.018	0.156			220.728
A-36	101.85	101.22	-	231.516	0.158			230.905
A-37	98.35	101.01	-	229.882	0.152			229.462
A-38	98.83	100.08	-	217.075	0.152			216.725
A-39	100.64	98.88	-	227.918	0.153			227.728
A-40	100.95	99.87	-	223.017	0.155			222.554
A-41	101.33	99.87	-	238.356	0.155			237.723
A-42	101.90	99.98	-	238.441	0.156			237.908
A-43	101.50	99.63	-	237.800	0.155			

Note: Grammatura media piastrella 23-42 [g/m²] = 15.329 - (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.155 0.0017

(*) dato Ceramica A.
(**) piastrelle verdi essiccate

Tab. 6.35-b – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				Scheda rilievo dati prova	
Prova (n°): 45	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:		
Prodotto industriale: A		Grammatura: 15.33 g/m2 (*)		300°C			
Velocità di avanzamento piastrelle: 61.6 mm/min		Velocità impostata rulli: 183.3 (tachimetro forno)					
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Centralina Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	NOTE	
A-1	11.00						
A-2							
A-3							
A-4							
A-5							
A-6							
A-7							
A-8							
A-9							
A-10							
A-11							
A-12							
A-13	11.24	Forno pieno					
A-14							
A-15							
A-16							
A-17							
A-18							
A-19							
A-20							
A-21							
A-22							
A-23	11.39	11.40.00	61,880	36	0	PROVA	
A-24							
A-25							
A-26							
A-27							
A-28	11.45						
A-29							
A-30							
A-31	11.50	11.51.00	62,110	38	0		
A-32							
A-33							
A-34							
A-35							
A-36							
A-37							
A-38							
A-39							
A-40							
A-41							
A-42	12.09	12.10.00	62,522	38	0		

NOTE: l'36" per piastrella
(*) Ceramica A.

Tab. 6.35-c – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC).

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC											
Prova (n°):		45		Additivo chimico:			A			Temperatura cottura:		300°C	
Inizio ore:		10.36		Fondo scala (*):			1.5			Fine ore:		12.10	
												[mg/m3]	
.../...h	F vuoto	n.r.											
11.13/11.24h	In piastr.	2.1	2.3	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	3.0	3.1	3.1		
		3.1	3.2	3.3	3.2	3.5	3.5	3.5	3.4	3.3	3.4	3.3	
		3.4	3.2	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.1	3.0		
11.24/11.28h	F pieno	3.0	2.8	2.8	2.9	3.0	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9		
		2.9	2.9										
11.40/12.10h	Prova	3.7	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7		
		3.6	3.6	3.7	3.7	3.6	3.5	3.6	3.4	3.5	3.4	3.2	
		3.2	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	3.2	3.1	3.2	3.2	
		3.4	3.3	3.5	3.2	3.2	3.1	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8	
		2.7	2.7	2.8	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.1	
		3.1	3.1	3.1	3.1	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	
		2.9	2.8	2.7	2.7	2.9	2.8	2.8	2.9	3.0	2.9	2.9	
		3.0	3.0	3.1	3.0	2.9	3.1	3.1	3.2	3.1	3.1	3.1	
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.											
		Valore medio/prova:					3.1 mg/m3						
		(tutti i dati sono lordi)											
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.											

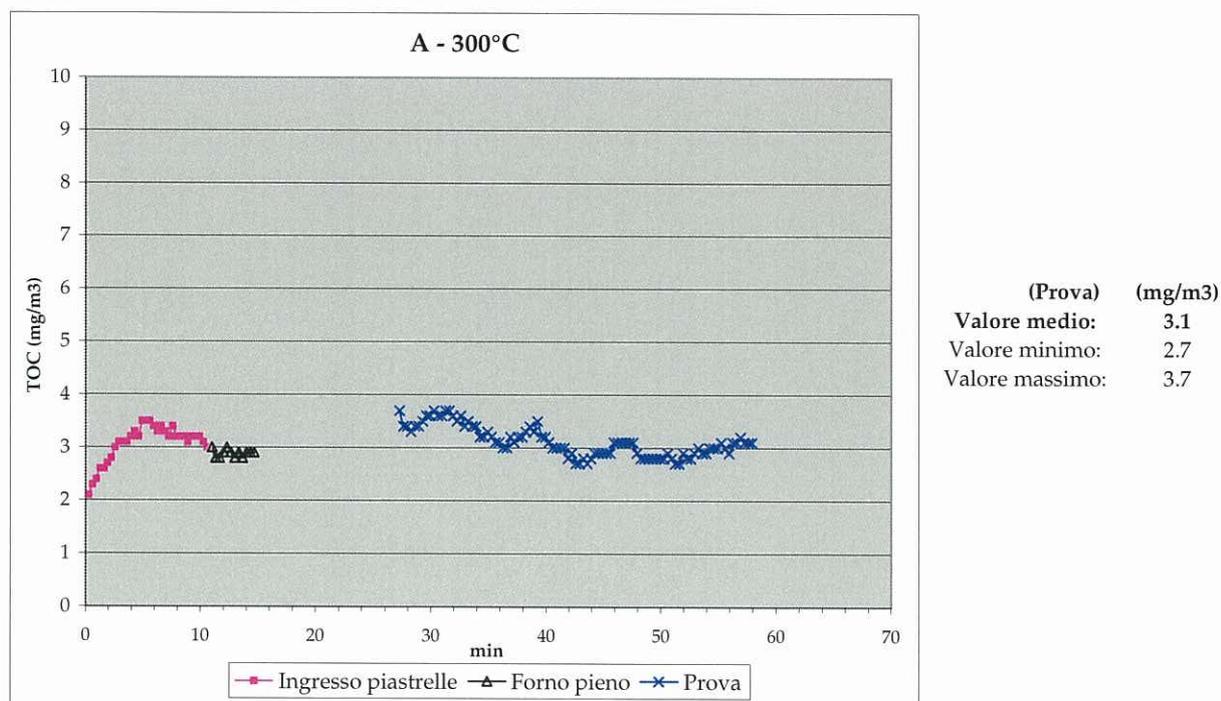


Fig. 6.23 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico.

Tab. 6.35-d – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 46	Temperatura ambiente (°C):			Pressione atmosferica (mbar): _____		Temperatura max cottura:		
Additivo chimico: A		Grammatura: 15.33 g/m2 (*)				900°C		
Campione (**) [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-A-1	100.35	100.56	-	234.894	0.155			234.388
-A-2	101.20	101.18	-	238.077	0.157			237.509
-A-3	99.92	102.14	-	233.016	0.156			232.645
-A-4	100.33	100.70	-	222.305	0.155			222.047
-A-5	101.13	100.71	-	233.949	0.156			230.791
-A-6	100.43	100.37	-	231.598	0.155			224.716
-A-7	99.91	101.68	-	236.340	0.156			228.839
-A-8	100.84	101.51	-	227.626	0.157			220.249
-A-9	99.50	101.35	-	227.538	0.155			220.109
-A-10	99.95	101.20	-	231.770	0.155			224.325
-A-11	100.90	101.30	-	236.029	0.157			228.364
-A-12	99.66	101.44	-	238.460	0.155			230.661
-A-13	100.04	102.20	-	242.098	0.157			234.145
-A-14	101.40	100.76	-	239.067	0.157			230.953
-A-15	100.18	101.15	-	238.081	0.155			230.155
-A-16	100.36	100.89	-	236.767	0.155			228.740
-A-17	100.02	100.96	-	228.087	0.155			220.598
-A-18	99.71	101.50	-	231.187	0.155			223.651
-A-19	100.55	100.53	-	233.105	0.155			225.504
-A-20	100.70	99.50	-	231.419	0.154			223.764
-A-21	101.66	99.83	-	232.715	0.156			224.975
-A-22	100.89	101.33	-	224.594	0.157			217.039
-A-23	101.74	99.60	-	230.717	0.155			223.050
-A-24	101.94	100.24	-	229.739	0.157			221.985
-A-25	101.42	99.48	-	233.877	0.155			225.991

Note: Grammatura media piastrella 18-24 [g/m²] = 15.329 - (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.155 0.001

(*) dato Ceramica A.
(**) piastrelle verdi essiccate

Tab. 6.35-e – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 46	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: A		Grammatura: 15.33 g/m2 (*)			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 19.8 mm/min		Velocità impostata rulli: 59.6 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	Centralina				NOTE
		orario rilievo [h:min:s]	Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-A-1	12.11					
-A-2						
-A-3						
-A-4						
-A-5						
-A-6						
-A-7						
-A-8						
-A-9						
-A-10						
-A-11						
-A-12						
-A-13						
-A-14	12.50					
-A-15						
-A-16						
-A-17						
-A-18	13.12	13.15.00	64,000	38	0	PROVA
-A-19						
-A-20						
-A-21						
-A-22	13.30	13.31.00	64,410	38	-28	
-A-23						
-A-24	13.43	13.45.00	64,776	38	-28	

NOTE: 4'58" per piastrella
 (*) dato Ceramica A.
 Presenza di condensa, raccolta ed analizzata.

Tab. 6.35-f – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC).

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		46		Additivo chimico:			A			Temperatura cottura:		900°C			
Inizio ore:		13.15		Fondo scala (*):			1.3			Fine ore:		13.46		[mg/m3]	
././h	F vuoto	n.r.													
././h	In piastr.	n.r.													
././h	F pieno	n.r.													
13.15/13.46h	Prova	82	90	91	92	90	91	88	89	87	89				
	90	88	88	85	82	80	80	80	81	80	80	81			
	116	87	84	80	75	74	73	73	77	81	82	86			
	85	86	86	87	87	87	84	78	69	61	57	54			
	53	54	54	54	54	54	55	55	54	50	49	45			
	43	44	46	47	47	51	52	55	57	57	55	53			
	51	47	45	44	44	46	47	48	47	49	50	50			
	50	50	51	51	54	55	55	56	58	60	59				
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
		Valore medio/prova: 66.6 mg/m3						(tutti i dati sono lordi)							
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.													

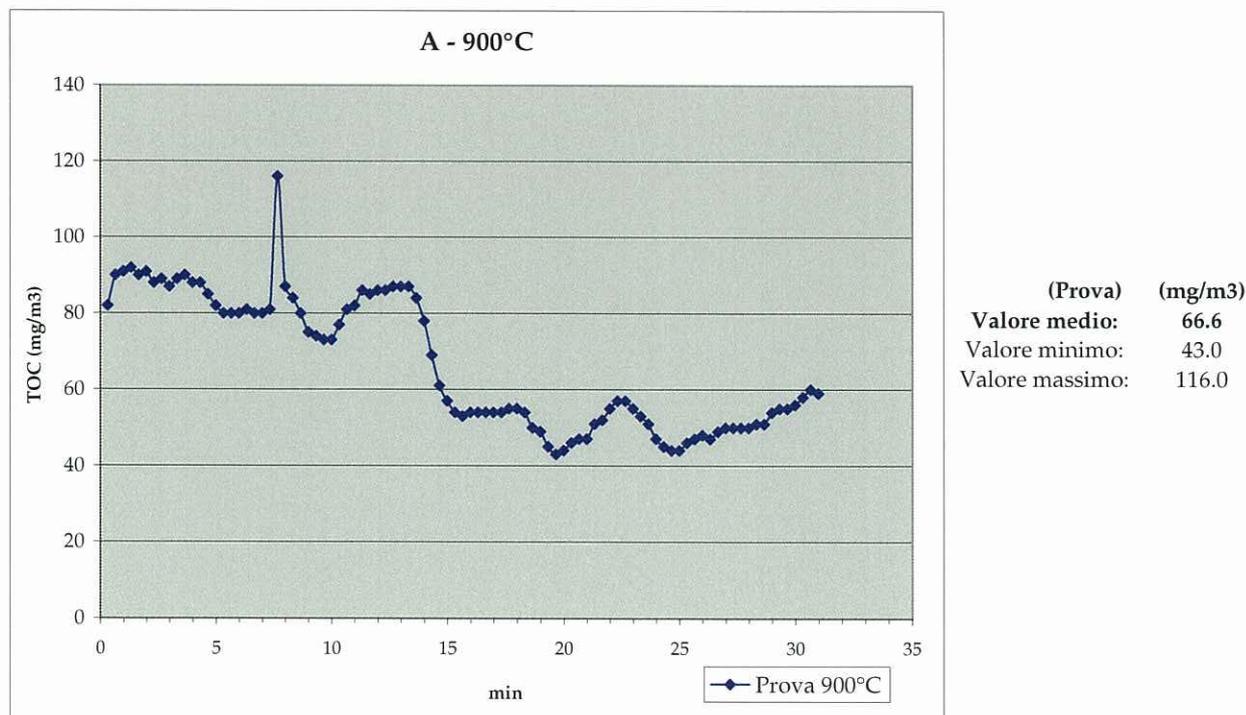


Fig. 6.24- Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento dinamico.

Tab. 6.36-a – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
Scheda rilievo dati								
Prova (n°): 48	Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar):			Temperatura max cottura:		
Additivo chimico:	B		Grammatura: 49.17 g/m ² (*)			300°C		
Campione (**) [sigla]	Dimensione [mm]		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a)	lato (b)	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
B-1	100.87	101.16	-	136.324	0.502			135.410
B-2	101.22	97.11	-	n.r.	0.483			128.587
B-3	101.21	100.57	-	135.314	0.500			134.531
B-4	100.30	97.02	-	125.979	0.478			125.359
B-5	100.22	97.44	-	125.785	0.480			125.008
B-6	100.61	101.46	-	133.898	0.502			133.163
B-7	100.65	101.25	-	131.314	0.501			130.461
B-8	100.45	97.39	-	126.353	0.481			125.719
B-9	100.96	100.05	-	133.036	0.497			132.141
B-10	100.46	99.33	-	127.327	0.491			126.389
B-11	100.74	100.22	-	132.645	0.496			131.780
B-12	100.37	97.82	-	126.830	0.483			125.968
B-13	100.29	100.74	-	133.024	0.497			132.274
B-14	100.21	97.73	-	127.995	0.482			127.178
B-15	100.42	100.82	-	131.453	0.498			130.761
B-16	100.66	98.87	-	130.379	0.489			129.591
B-17	100.43	100.74	-	132.396	0.497			131.676
B-18	99.55	99.88	-	126.149	0.489			125.403
B-19	100.13	100.82	-	130.262	0.496			129.416
B-20	100.05	97.76	-	127.608	0.481			126.760
B-21	100.35	100.81	-	132.546	0.497			131.852
B-22	101.07	98.01	-	127.027	0.487			126.259
B-23	100.90	97.64	-	129.755	0.484			129.028
B-24	100.93	100.20	-	134.423	0.497			133.594
B-25	100.62	101.16	-	128.418	0.500			127.499
B-26	101.28	98.43	-	126.750	0.490			125.883
B-27	101.15	100.31	-	128.502	0.499			127.865
B-28	100.22	98.79	-	125.942	0.487			rotta
B-29	100.52	100.89	-	131.354	0.499			130.603
B-30	100.54	100.53	-	131.336	0.497			130.435
B-31	101.01	101.27	-	132.396	0.503			131.466
B-32	100.30	101.09	-	130.638	0.499			129.775
B-33	101.27	101.46	-	136.321	0.505			134.625
B-34	100.34	101.16	-	130.785	0.499			129.954
B-35	100.67	100.44	-	130.092	0.497			129.237
B-36	100.96	98.80	-	123.672	0.490			122.869
B-37	101.00	97.63	-	127.471	0.485			126.625
B-38	101.10	100.91	-	134.351	0.502			133.388
B-39	101.03	98.61	-	129.072	0.490			128.299
B-40	100.54	97.54	-	124.976	0.482			124.069
B-41	100.91	97.70	-	127.564	0.485			126.628
B-42	101.04	97.67	-	126.076	0.485			125.190
B-43	100.24	97.65	-	124.704	0.481			123.920
B-44	100.01	101.11	-	128.004	0.497			127.162
B-45	100.27	101.29	-	135.058	0.499			134.102
B-46	101.16	99.93	-	129.377	0.497			128.559
B-47	101.55	99.96	-	134.702	0.499			133.955
B-48	100.57	100.73	-	128.240	0.498			127.457
B-49	100.00	101.21	-	131.128	0.498			130.463
B-50	100.27	101.70	-	132.938	0.501			132.245
media	100.71	99.89						

Note: Grammatura media piastrella 31-50 [g/m²] = 49.171 - (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.495 0.0072
(*) dato Ceramica B.
(**) piastrelle verdi essiccate

Tab. 6.36-b – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
		Scheda rilievo dati prova				
Prova (n°): 48	Temperatura ambiente (°C):	Velocità riscaldamento (°C/min): 30			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: B		Grammatura: 49.17 g/m2 (*)			300°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 61 mm/min		Velocità impostata rulli: 182.8 (tachimetro forno)				
Campione [sigla]	orario ingresso [h.min]	orario rilievo [h.min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
B-1	10.41					
B-2						
B-3						
B-4						
B-5						
B-6						
B-7						
B-8						
B-9						
B-10						
B-11						
B-12						
B-13						
B-14						
B-15						
B-16						
B-17						
B-18						
B-19						
B-20						
B-21						
B-22						
B-23						
B-24						
B-25						
B-26						
B-27						
B-28						rotta
B-29	11.27					
B-30						
B-31	11.30	11.31.30	67,770	38	0	PROVA
B-32						
B-33						
B-34						
B-35						
B-36						
B-37						
B-38						
B-39	11.43					
B-40		11.45.30	68,134	38	0	
B-41						
B-42						
B-43						
B-44						
B-45						
B-46						
B-47						
B-48	11.57					
B-49						
B-50	12.01	12.01.30	68,551	39	0	

NOTE: 1'37" per piastrella
(*) dato Ceramica B.

Tab. 6.36-c – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC).

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC												
Prova (n°):		48		Additivo chimico:			B			Temperatura cottura:		300°C		
Inizio ore:		11.06		Fondo scala (*):			1.0			Fine ore:		12.01		[mg/m3]
.../...h	F vuoto	n.r.												
.../...h	In piastr.	n.r.												
11.06/11.11h	F pieno	6.7	6.7	6.8	6.4	6.6	6.4	6.5	6.4	6.5	6.4			
	5.9	6.1	6.5	6.4	6.4									
11.31/12.01h	Prova	7.2	7.2	7.3	7.4	7.5	7.5	7.3	7.3	7.5	7.4			
	8.0	8.1	8.1	8.2	8.3	8.1	8.4	8.6	8.7	8.8	8.7	8.9		
	8.9	8.8	8.8	8.8	8.9	8.7	8.6	8.8	8.9	8.6	8.8	8.7		
	8.5	8.7	8.9	8.8	8.7	8.6	8.3	8.2	8.3	8.5	8.3	8.5		
	8.1	8.3	8.5	8.5	8.6	8.6	8.5	8.6	8.6	8.5	8.8	8.5		
	8.9	8.7	9.0	9.0	9.2	9.3	9.4	9.6	9.6	9.6	9.7	9.8		
	9.8	9.8	9.7	9.9	9.6	9.8	9.8	10.1	10.4	10.3	10.3	10.8		
	10.7	10.4	10.1	10.3	10.7	10.6	10.6	10.3	11.0	10.7	10.4	10.6		
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.												
		Valore medio/prova:					9.0 mg/m3		(tutti i dati sono lordi)					
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.												

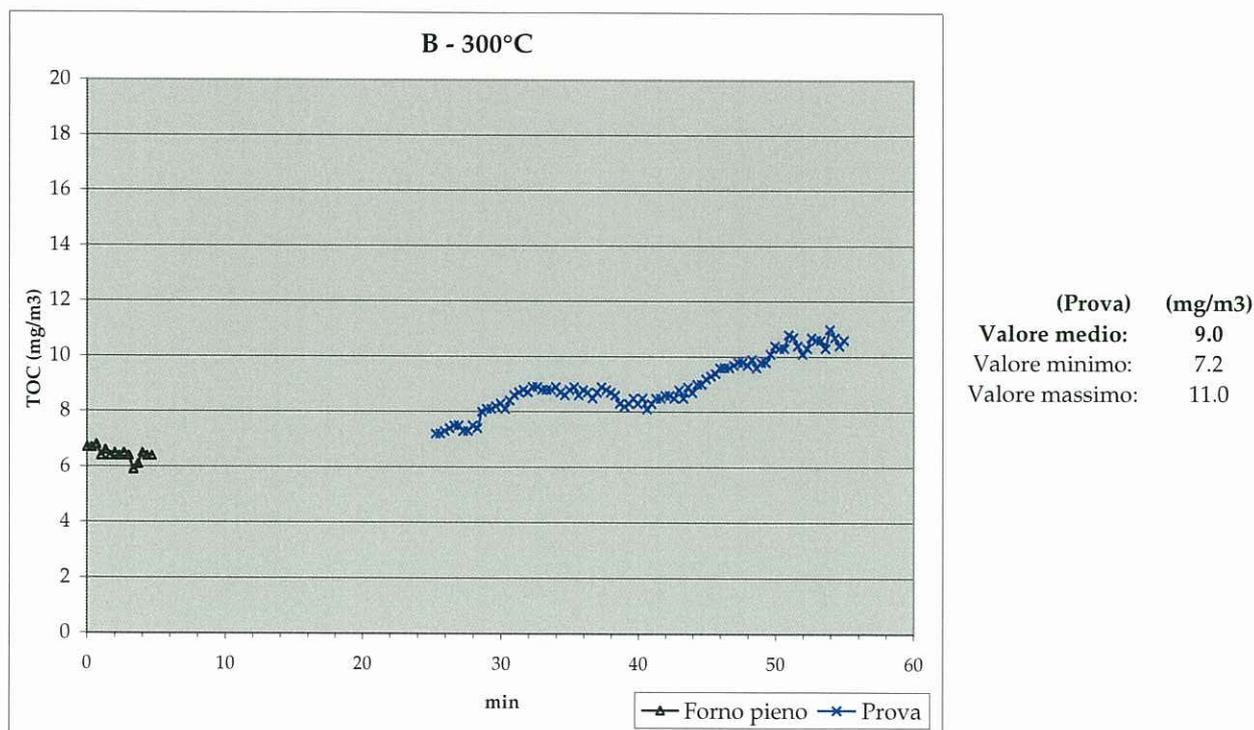


Fig. 6.25 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.36-d – Risultati delle misure effettuate sui provini.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche						
		Scheda rilievo dati						
Prova (n°): 49		Temperatura ambiente (°C):		Pressione atmosferica (mbar): _____			Temperatura max cottura:	
Additivo chimico:		B		Grammatura: 49.17 g/m2 (*)			900°C	
Campione (**) [sigla]	Dimensione		Peso		Grammatura applicata		Δt prima della cottura [min]	Peso dopo cottura [g]
	lato (a) [mm]	lato (b) [mm]	secco [g]	dopo applic. [g]	[g/pz]	[g/m ²]		
-B-1	100.61	99.73	-	129.284	0.493			118.471
-B-2	100.25	100.96	-	133.307	0.498			122.089
-B-3	100.01	100.71	-	132.635	0.495			121.571
-B-4	100.05	100.82	-	133.582	0.496			122.478
-B-5	101.06	100.64	-	132.752	0.500			121.769
-B-6	100.57	100.80	-	134.171	0.498			123.140
-B-7	99.81	99.64	-	127.871	0.489			117.097
-B-8	99.97	99.76	-	129.714	0.490			118.839
-B-9	99.72	99.64	-	130.183	0.489			119.303
-B-10	99.70	99.66	-	132.886	0.489			121.750
-B-11	99.75	99.58	-	131.408	0.488			120.305
-B-12	99.72	99.90	-	130.827	0.490			119.770
-B-13	99.68	99.70	-	129.030	0.489			118.204
-B-14	99.32	99.18	-	128.435	0.484			117.630
-B-15	99.49	99.59	-	129.916	0.487			118.933
-B-16	99.42	99.40	-	132.064	0.486			120.817
-B-17	99.48	99.39	-	127.472	0.486			116.610
-B-18	99.47	99.45	-	127.124	0.486			116.298
-B-19	99.55	99.53	-	128.894	0.487			117.947
-B-20	99.50	99.48	-	132.518	0.487			
-B-21	99.51	99.54	-	129.969	0.487			
-B-22	99.87	99.63	-	130.018	0.489			
-B-23	99.58	99.58	-	130.636	0.488			
-B-24	99.62	99.45	-	129.391	0.487			
-B-25	99.69	99.65	-	126.856	0.488			
media	99.49	99.46						

Note: Grammatura media piastrella 13-19 [g/m²] = 49.17 - (deviazione standard popolazione)
[g/pz] = 0.487 0.0012

(*) dato Ceramica B.
(**) piastrelle verdi essiccate

Tab. 6.36-e – Dati generali della prova di trattamento termico.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche				
Scheda rilievo dati prova						
Prova (n°): 49	Temperatura ambiente (°C):		Velocità riscaldamento (°C/min): 30		Temperatura max cottura:	
Additivo chimico: B		Grammatura: 49.17 g/m2 (*)			900°C	
Velocità di avanzamento piastrelle: 20.2 mm/min			Velocità impostata rulli: 59.6 (tachimetro forno)			
Campione [sigla]	orario ingresso [h:min]	orario rilievo [h:min:s]	Centralina			NOTE
			Totalizzatore [m ³]	Temperatura [°C]	Pressione [cmHg]	
-B-1	13.02					
-B-2						
-B-3						
-B-4						
-B-5						
-B-6	13.27					
-B-7						
-B-8						
-B-9						
-B-10	13.40					
-B-11						
-B-12						
-B-13		14.01.30	71,752	39	0	PROVA
-B-14	14.03					
-B-15						
-B-16						
-B-17						
-B-18						
-B-19		14.31.30	72,576	39	0	
-B-20						

NOTE: 4'53" per piastrella
(*) dato Ceramica B.

Tab. 6.36-f – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC).

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche Determinazione TOC													
Prova (n°):		49		Additivo chimico:				B		Temperatura cottura:			900°C		
Inizio ore:		12.52		Fondo scala (*):				1.0		Fine ore:		14.30		[mg/m3]	
12.52/12.57h	F vuoto	2.0	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4				
2.3	2.4	2.3	2.3	2.4											
13.05/13.30h	1/2-f pieno	188	185	178	174	160	158	143	144	150	154				
158	161	164	159	148	144	142	141	143	145	150	148				
147	148	147	145	143	135	133	137	136	133	140	141				
144	144	144	141	144	145	144	144	142	134	131	132				
134	137	136	137	135	139	138	138	137	138	137	131				
125	128	134	137	141	142	148	151	151	153	154	146				
140	135	131	136	140											
14.00/14.30h	Prova	155	157	145	142	131	128	131	130	134	130				
134	128	132	133	130	125	124	122	123	126	125	128				
129	126	131	127	150	127	123	120	119	120	118	134				
140	140	146	148	151	146	148	146	147	139	142	140				
138	139	140	138	139	140	133	131	133	135	134	145				
134	137	130	126	128	136	143	139	134	130	131	130				
115	113	116	116	118	116	117	120	118	116	116	112				
108	107	106	105	104	98	100	95	(103	98	104	107				
109)															
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.													
Valore medio/prova:		129.2 mg/m3				(tutti i dati sono lordi)									
La lettura del TOC avviene ogni 20s.															

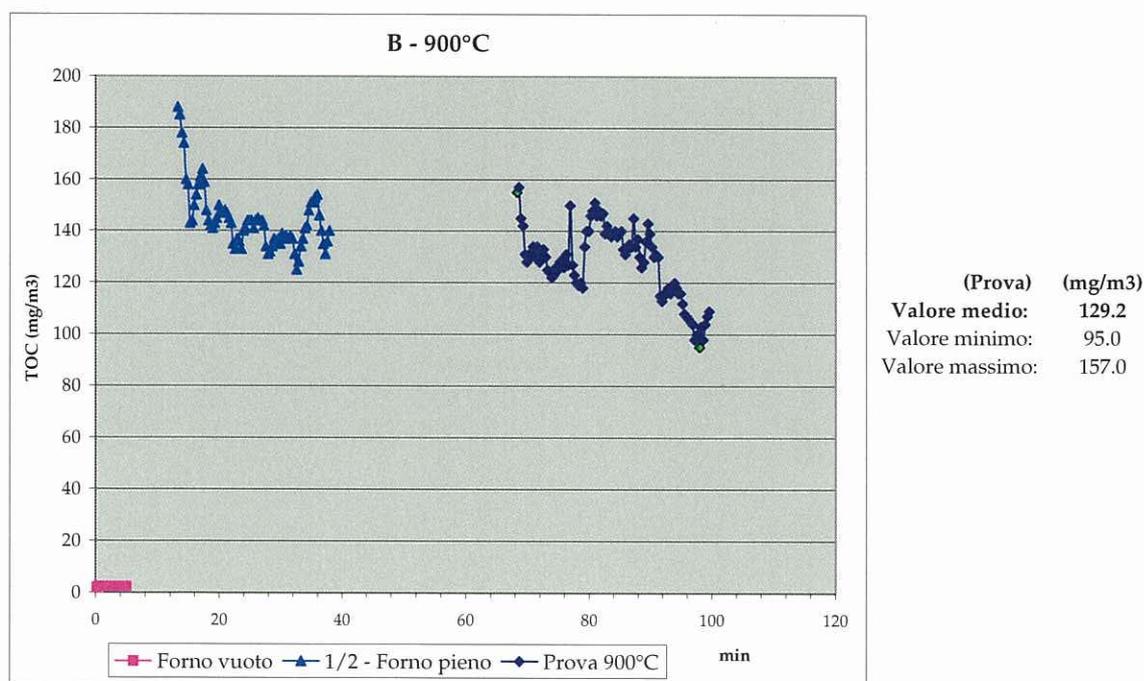


Fig. 6.26 - Andamento del carbonio organico totale (TOC) - analisi gascromatografo FID campionamento simultaneo.

Tab. 6.37 – Specifica delle prove eseguite in laboratorio - prodotti industriali.

Prova	n°	45	46	48	49	50
Condotto di estrazione e prelievo dei fumi						
Diametro	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sezione	m ²	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Centralina						
Letture iniziale	dm ³	61880	64000	67770	71752	81123
Orario	h:min:ss	11.40.00	13.15.00	11.31.30	14.01.30	16.03.30
Temperatura	°C	37	38	38	39	35
Pressione	cmHg	0	-28	0	0	0
Letture finale	dm ³	62522	64776	68551	72576	81890
Orario	h:min:ss	12.10.00	13.45.00	12.01.30	14.31.30	16.33.30
Delta Volumi	dm ³	642	776	781	824	767
Delta tempo	h:min:ss	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00	0.30.00
	l/min	21.40	25.87	26.03	27.47	25.57
Velocità nel condotto	m/s	0.18	0.22	0.22	0.23	0.22
	Nm ³	0.57	0.67	0.69	0.72	0.68
Portata	Nm³/h	1.13	1.33	1.37	1.44	1.36
Volume interno del forno						
Larghezza	mm	145	145	145	145	145
Lunghezza	mm	1235	1235	1235	1235	1235
Altezza	mm	90	90	90	90	90
Volume interno	m ³	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161	0.0161
Volume dei rulli	m ³	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Piastrelle	lato A mm	100	100	100	100	100
	lato B mm	100	100	100	100	101
	Spessore mm	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2
Lunghezza tappeto	mm	1253	1253	1253	1253	1253
Volume occupato	m ³	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Volume libero	m ³	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137	0.0137
Lavaggio	n°/min	1.37	1.62	1.66	1.75	1.65
Additivo		A	A	B	B	Bianco B
Grammatura (*)	g/piastrella	0.155	0.155	0.495	0.487	0.000
Δ P (cotto - secco) = residuo/piastrella	g/piastrella	n.r.	0.000	n.r.	0.000	-
Temperatura prova	°C	300	900	300	900	900
Tempo ingresso piastrella	min. sec	1.36	4.58	1.37	4.53	4.53
Gradiente	°C/min	30	29	30	29	29
Tempo ciclo (1/2 forno)	min	10	31	10	31	31
Velocità	mm/min	61.6	19.8	61.0	20.2	20.2
Produzione	m ²	0.185	0.060	0.183	0.061	0.061
Additivo introdotto	g	2.86	0.92	9.05	2.95	0.00
Delta additivo (secco - dopo trattamento)	g	n.r.	0.000	n.r.	0.000	-

(*) principio attivo

Tab. 6.38-a – Risultati delle analisi di sostanze organiche nell’emissione gassosa dei prodotti industriali - concentrazioni.

Prodotto - T°cottura	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI							
	Carbonio	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole	Derivati del DPM
	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc
A - 300°C	3.0	1.2	1.6	0.1	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A - 900°C	64.0	6.0	15.4	0.4	0.5	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	35.5	-	-	-	-	-	-
B - 300°C	8.3	6.8	9.2	0.6	0.6	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	5.0	-	-	-	-	-	-
B - 900°C	65.0	8.6	11.7	1.2	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	82.4	-	-	-	-	-	-

NOTE:

Tab. 6.38-b – Risultati delle analisi di sostanze organiche nell’emissione gassosa dei prodotti industriali – concentrazioni (continuazione).

Prodotto - T°cottura	Analisi COV																				CO	
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Derivati diossano/ diossolano e altri composti ossigenati	4 Metil 1.3 diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Etil benzene	Stirene	Metil etil chetone		
	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc		mg/Nmc
A - 300°C	1.0	<0.5	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	0.9	1.0	-	-	12.5
A - 900°C	2.5	23.2	<0.5	<0.5	0.8	20.8	-	-	-	2.6	-	-	<0.5	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	813
B- 300°C	1.2	3.4	<0.5	<0.5	<0.5	8.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5
B - 900°C	3.7	31.0	<0.5	0.7	2.0	10.0	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	875

NOTE:

espresso come DEG

espresso come 1,3 diossolano

6.1.2.2.3 Fattori di emissione (FE)

Come precedentemente discusso in § 6.1.2.1.3 il FE è l'unico parametro adeguato per effettuare confronti delle emissioni gassose, fra i diversi additivi e le diverse temperature di cottura. Risulta dall'elaborazione dei dati primari – concentrazioni - e si riferiscono all'unità di massa di additivo [mg/g], in dettaglio, milligrammo di sov per grammo di additivo (equazione 1).

In Tab. 6.39 sono riportati i fattori di emissione (FE) delle diverse sostanze organiche oggetto della ricerca, calcolati per ogni prova e riferiti a 1 g di mix industriale di additivi organici (A e B) applicato in ingresso.

I dati ed i parametri necessari per il calcolo dei FE (Tab. 6.39) delle sostanze rilevate nelle analisi e riportate alla Tab. 6.38, sono in Tab. 6.40.

Tab. 6.39-a – Elaborazione dei risultati delle analisi dell'emissione gassosa. I fattori di emissione, con riferimento a 1 g di mix industriale di additivi organici in ingresso.

Prodotto - T°cottura	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI							
	Carbonio	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole	Derivati del DPM
FE=CxQ/FMa	[mg cov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]
A - 300°C	0.6	0.24	0.32	0.02	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A - 900°C	46.7	4.38	11.25	0.29	0.37	0.07	-	0.07	-	-	-	-	-	25.9	-	-	-	-	-	-
B - 300°C	0.6	0.52	0.70	0.05	0.05	0.01	-	0.01	-	-	-	-	-	0.4	-	-	-	-	-	-
B - 900°C	15.7	2.08	2.83	0.29	0.07	0.02	-	-	-	-	-	-	-	19.9	-	-	-	-	-	-

NOTE:

Per il calcolo del fattore di emissione delle sostanze con valori di concentrazioni <0,5 mg/Nmc si è assunto, in via cautelativa, il valore di 0,5 mg/Nmc.

Tab. 6.39-b – Elaborazione dei risultati delle analisi dell'emissione gassosa. I fattori di emissione, con riferimento a 1 g di mix industriale di additivi organici in ingresso – continuazione.

Prodotto - T°cottura	Analisi COV																				CO
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Derivati diossano/ diossolano e altri composti ossigenati	4 Metil 1.3 diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Etil benzene	Stirene	Metil etil chetone	
FE=CxQ/FMa	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg CO/g add]
A - 300°C	0.20	0.10	-	-	0.10	0.10	-	-	-	-	-	0.10	0.10	-	-	-	-	0.18	0.20	-	2.5
A - 900°C	1.83	16.94	0.37	0.37	0.58	15.19	-	-	-	1.90	-	-	0.37	-	0.37	-	-	-	-	-	593.8
B - 300°C	0.09	0.26	0.04	0.04	0.04	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9
B - 900°C	0.89	7.49	0.12	0.17	0.48	2.42	-	-	-	-	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	211.4

NOTE:

Per il calcolo del fattore di emissione delle sostanze con valori di concentrazioni <0,5 mg/Nmc si è assunto, in via cautelativa, il valore di 0,5 mg/Nmc.

espresso come DEG

espresso come 1,3 diossolano

Tab. 6.40 - Calcolo del rapporto Q/FMa utilizzato per il calcolo dei Fattori di Emissione (FE) dei prodotti industriali.

Prodotto - T°cottura	grammatura media applicata [g/m ²]	velocità di avanzamento [mm/min]	produzione oraria [m ² /h]	FMa	Q	Q/FMa	C _i [mg/Nm ³]	FE
				additivo IN [g/h]	portata emissione [Nm ³ /h]			FE= C x Q/FMa [mg sost/g add]
A - 300°C	15.33	61.6	0.370	5.67	1.13	0.1994	Tab. 6.37	Tab. 6.39
A - 900°C	15.33	19.8	0.119	1.82	1.33	0.7303	Tab. 6.37	Tab. 6.39
B - 300°C	49.17	61	0.366	18.00	1.37	0.0761	Tab. 6.37	Tab. 6.39
B - 900°C	49.17	20.2	0.121	5.96	1.44	0.2416	Tab. 6.37	Tab. 6.39

FMa: flusso massico orario del additivo "a" in ingresso al forno.

Q: portata dell'emissione alla centralina di aspirazione.

C_i: concentrazione di ogni singola sostanza rilevata nell'emissione dell'additivo "a" - Tab. 6.37.

FE: fattore di emissione

6.2. Prove industriali quantitative

Questa ricerca, come già precedentemente discusso al capitolo 5, ha compreso anche una ulteriore fase de verifica del metodo e di confronto con risultati su scala industriale, realizzata con l'esecuzione di prove in forni monostrato a rulli sotto condizioni produttive reali, o sia, secondo cicli di cottura industriali, con diversi additivi organici nel stesso tempo, con la cottura contemporanea del supporto verde e con l'emissione gassosa dissolta e mischiata con i prodotti di combustione.

Sono state effettuate due sperimentazioni in contesti produttivi diversi: la prima, alla Ceramica A, è stata condotta in un impianto di produzione di grès porcellanato smaltato (§ 4.3.1); la seconda, Ceramica B, un stabilimento produttore di monoporosa (§ 4.3.2). Sono pertanto diverse tanto le caratteristiche decorative (applicazioni diverse sulla linea di smaltatura, additivi e grammature differenti) come anche le condizioni di cottura sono particolarmente distinte: la temperatura massima e ciclo di cottura.

Le misure negli stabilimenti ceramici, conforme descritto anteriormente nel § 5.2.1., sono state eseguite sul condotto di emissione su due punti di prelievo: prima e dopo il depuratore dei fumi. Posteriormente, infatti, sono riportati tutti i risultati, specifiche delle sperimentazioni, composizioni delle emissioni, e rispettivi fattori di emissione, sempre in questi due punti di prelievo per ambedue le prove realizzate.

6.2.1. Specifiche delle prove

Le tabelle seguenti documentano, per la Ceramica "A" (Tab. 6.41) e per la Ceramica "B" (Tab. 6.43) le specifiche delle condizioni operative e produttive nel corso delle rispettive prove industriali:

- la tipologia del prodotto in produzione, le sue dimensioni ed il peso cotto;
- i dati identificativi del forno, fabbricante, modello, anno di installazione ed anche la temperatura massima ed il tempo del ciclo di cottura in uso durante la sperimentazione;
- l'individuazione del punto di prelievo dell'emissione;
- i dati produttivi del forno durante il prelievo;
- la portata e la temperatura dei fumi.

Nelle tabelle 6.42 (prova A) e 6.44 (prova B) vengono riportati i dati di lettura del gascromatografo FID campionamento dinamico per la determinazione del TOC, sempre per i due punti di prelievo (prima e dopo la depurazione), i cui andamenti temporali sono illustrati nei grafici delle Figure 6.27 e 6.28, rispettivamente per la prova A e B.

6.2.1.1. Specifiche della sperimentazione Ceramica A

Tab. 6.41 – Specifica delle condizioni operative e produttive nel corso della prova alla Ceramica A.

Centro Ceramico Bologna	Scheda rilievo dati sul prodotto			
	Ricerca : Sostanze Organiche Volatili			
Audit (n°)	1	CERAMICA A		
Tipologia del prodotto: Grès porcellanato smaltato		Sigla: A		
Formato cotto:	(mm)	Lunghezza 320.92	Larghezza 321.43	Spessore 12
Peso del prodotto cotto (kg/pezzo)		2.64	Superficie della piastrella: m ² 0.103	
Forno:	SACMI fms250 - 2001 - 88 m lungh.	Temp. max. cottura (°C): 1215	Ciclo (min): 55	

Descrizione del condotto		A monte del depuratore		prelievo: ARPA; CCB				
Produzione del forno								
Letture totalizzatori	numero pezzi		Superficie prodotta		Totale		produzione	
	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita	pezzi	super.	n° Pz/h	m ² /h
h:min	n°	n°	m ²	m ²	n°	m ²		
10.50	29298	27749	3001	2842	0	0	0	0
11.00	29556	28001	3027	2868	258	26	1548	156
11.10	29832	28286	3055	2897	276	28	1656	168
11.20	30108	28529	3084	2921	276	29	1656	174
11.30	30384	28805	3112	2950	276	28	1656	168
Produzione media calcolata durante il prelievo nel condotto							1620	166
Portata di fumi nel condotto, determinata prima del prelievo						Nm³/h	8400	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata prima del del prelievo						°C	170	
Portata di fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						Nm³/h	8650	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						°C	172	

Descrizione del condotto		A valle del depuratore		prelievo: ARPA; CCB				
Produzione del forno								
Letture totalizzatori	numero pezzi		Superficie prodotta		Totale		produzione	
	Ingresso	Uscita	Ingresso	Uscita	pezzi	super.	n° Pz/h	m ² /h
h:min	n°	n°	m ²	m ²	n°	m ²		
12.40	32328	30750	3311	3149	0	0	0	0
12.50	32538	31033	3333	3178	210	22	1260	132
13.00	32808	31306	3360	3206	270	27	1620	162
13.10	33084	31586	3388	3235	276	28	1656	168
Produzione media calcolata durante il prelievo nel condotto							1512	154
Portata di fumi nel condotto, determinata prima del prelievo						Nm³/h	8900	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata prima del del prelievo						°C	135	
Portata di fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						Nm³/h	9050	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						°C	128	

Tab. 6.42 – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – campionamento dinamico. Prova industriale Ceramica A.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche									
		Determinazione TOC									
Prova (n°):		IN dep	Prodotto: A industr.				Temperatura cottura: 1215 °C				
Inizio ore:		10.50	Fondo scala (*): 0.3				Fine ore: 11.20		[mg/m3]		
IN dep	Prova	6.8	7.4	6.9	6.7	8.4	7.9	7.8	9.1	9.2	18.8
18.3	13.6	13.9	9.7	8.7	10.0	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0
10.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	9.0	9.0	10.0	9.0	9.0
9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	10.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	9.0
10.0	8.0	9.0	9.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.0
8.0	10.0	9.0	9.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	8.0	10.0	9.0	8.0	10.0	9.0	9.0
9.0	9.0	10.0	10.0	9.0	9.0	8.0	10.0				
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.									
		Valore medio/prova: 9,2 mg/m3 (tutti i dati sono lordi)									
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.									
Prova (n°):		OUT dep	Prodotto: A industr.				Temperatura cottura: 1215 °C				
Inizio ore:		12.38	Fondo scala (*): 0.0				Fine ore: 13.08		[mg/m3]		
OUT dep	Prova	18.0	18.0	18.0	18.0	19.0	18.0	18.0	19.0	18.0	18.0
19.0	18.0	18.0	18.0	19.0	18.0	18.0	19.0	18.0	18.0	18.0	17.0
18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
19.0	18.0	18.0	18.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.0	19.0	18.0	18.0
18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	19.0	19.0	19.0	19.0	17.0
17.0	18.0	18.0	17.0	16.0	16.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	16.0
17.0	17.0	18.0	17.0	18.0	17.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
18.0	17.0	18.0	17.0	17.0	18.0	16.0	16.0				
Note:		(*) misura effettuata con l'aria ambiente.									
		Valore medio/prova: 17,8 mg/m3 (tutti i dati sono lordi)									
		La lettura del TOC avviene ogni 20s.									

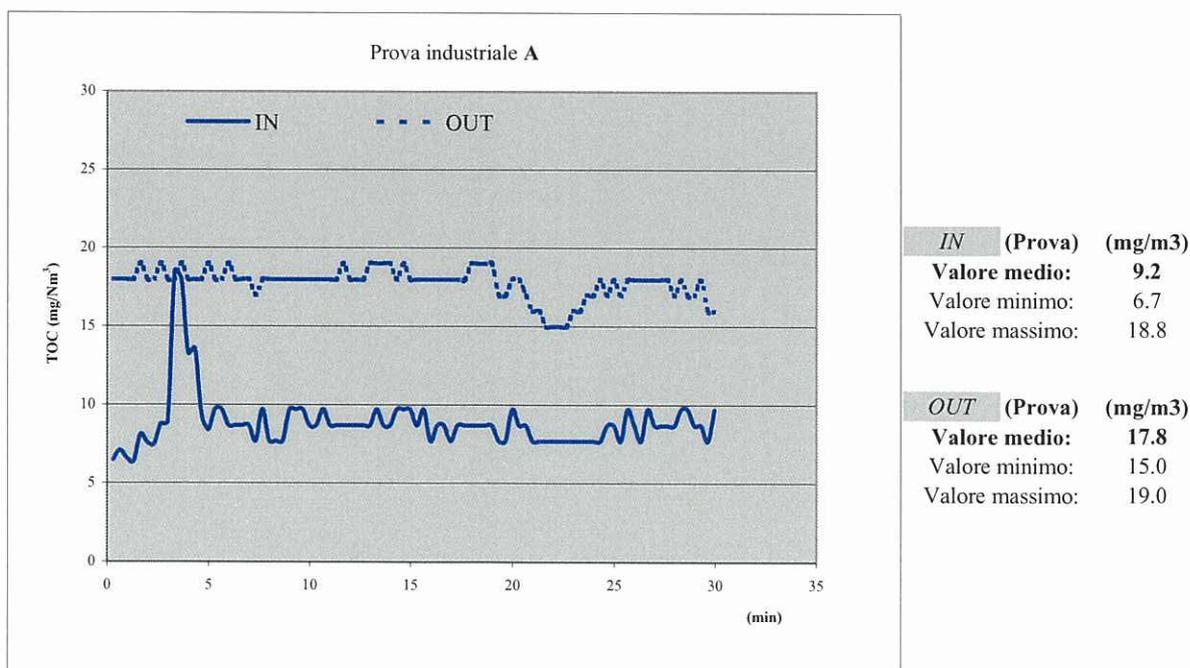


Fig. 6.27 – Analisi del Carbonio Organico Totale (TOC) - gascromatografo FID campionamento dinamico.

6.2.1.2. Specifiche della sperimentazione Ceramica B

Tab. 6.43 – Specifica delle condizioni operative e produttive nel corso della prova alla Ceramica B.

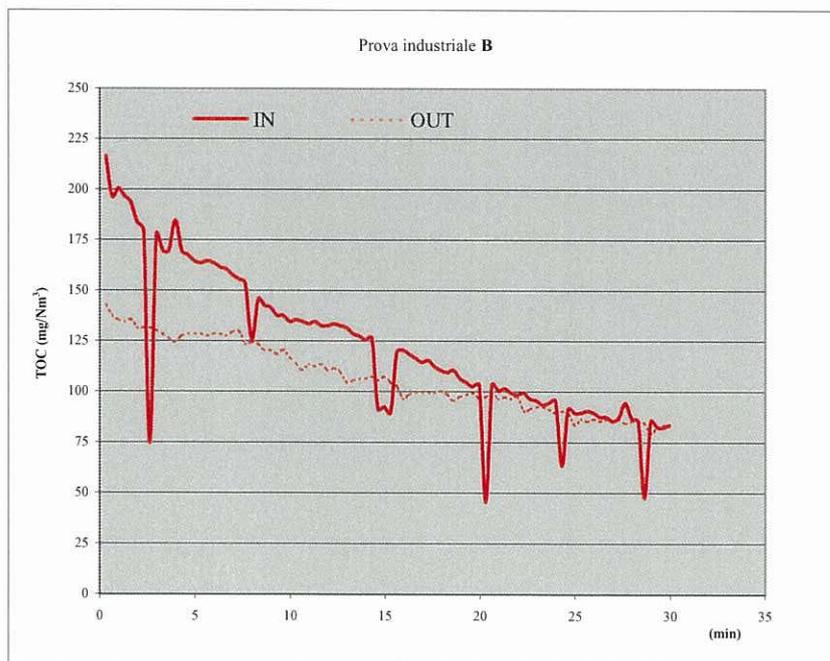
Centro Ceramico Bologna	Scheda rilievo dati sul prodotto						
	Ricerca : Sostanze Organiche Volatili						
Audit (n°)	3	CERAMICA B					
Tipologia del prodotto: Monoporosa		Sigla: B					
Formato cotto:	(mm)	Lunghezza	200.4	Larghezza	200.5	Spessore	7.1
Peso del prodotto cotto (kg/pezzo)		0.48		Superficie della piastrella: m ² 0.040			
Forno:	SITI FINH - 1996 - 78 m lungh.		Temp. max. cottura (°C):	1115	Ciclo (min):	39	

Descrizione del condotto		A monte del depuratore		prelievo:		ARPA, CCB		
Produzione del forno								
Letture totalizzatori	numero pezzi		Superficie prodotta		Totale		produzione oraria	
	Ingresso n°	Uscita n°	Ingresso m ²	Uscita m ²	pezzi n°	super. m ²	n° Pz/h	m ² /h
11.25	16976				0	0.0	0	0
11.30	17399				423	17.0	5076	204
11.35	17819				420	16.9	5040	203
11.40	18240				421	16.9	5052	203
11.45	18660				420	16.9	5040	203
11.50	19081				421	16.9	5052	203
11.55	19501				420	16.9	5040	203
12.00	19925				424	17.0	5088	204
12.05	20272				347	13.9	4164	167
12.09	20647				375	15.1	5625	226
12.10	20739				92	3.7	5520	222
12.15	21161				2921	117.4	5007	201
Produzione media calcolata durante il prelievo nel condotto							5009	201
Portata di fumi nel condotto, determinata prima del prelievo						Nm³/h	9650	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata prima del del prelievo						°C	201	
Portata di fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						Nm³/h	10500	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						°C	193	

Descrizione del condotto		A valle del depuratore		prelievo:		ARPA, CCB		
Produzione del forno								
Letture totalizzatori	numero pezzi		Superficie prodotta		Totale		produzione oraria	
	Ingresso n°	Uscita n°	Ingresso m ²	Uscita m ²	pezzi n°	super. m ²	n° Pz/h	m ² /h
13.25	26915				0	0	0	0
13.30	27297				382	15.3	4584	184
13.35	27676				379	15.2	4548	183
13.40	28027				351	14.1	4212	169
13.45	28360				333	13.4	3996	161
13.50	28792				432	17.4	5184	208
13.55	29256				464	18.6	5568	224
14.01	29764				508	20.4	5080	204
14.05	29980				216	8.7	3240	130
Produzione media calcolata durante il prelievo nel condotto							4739	190
Portata di fumi nel condotto, determinata prima del prelievo						Nm³/h	10000	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata prima del del prelievo						°C	151	
Portata di fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						Nm³/h	n. r.	
Temperatura dei fumi nel condotto, determinata dopo il prelievo						°C	n. r.	

Tab. 6.44 – Determinazione del Carbonio Organico Totale (TOC) – campionamento dinamico. Prova industriale Ceramica B.

Centro Ceramico Bologna		Progetto SOV Piastrelle Ceramiche										
Determinazione TOC												
Prova (n°):		IN dep		Prodotto:			B industr.		Temperatura cottura:			1115 °C
Inizio ore:		11.39		Fondo scala (*):			1,4		Fine ore:		12.09	[mg/m3]
IN dep	Prova	218	198	202	198	195	185	181	76	179	171	
171	186	171	169	166	165	166	165	163	162	159	157	
155	127	147	144	143	139	139	136	137	136	135	136	
134	134	135	134	133	130	129	127	128	93	94	91	
121	122	120	118	116	117	114	112	111	112	108	106	
104	105	47	105	102	103	101	100	101	98	97	95	
96	97	65	93	91	91	92	91	89	89	87	89	
96	88	87	49	87	84	84	85					
Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente.												
Valore medio/prova:		124.5 mg/m3			(tutti i dati sono lordi)							
La lettura del TOC avviene ogni 20s.												
Prova (n°):		OUT dep		Prodotto:			B industr.		Temperatura cottura:			1115 °C
Inizio ore:		13.32		Fondo scala (*):			1,4		Fine ore:		14.02	[mg/m3]
OUT dep	Prova	144	139	137	136	137	133	133	133	132	130	
128	126	129	130	130	130	129	130	130	129	131	131	
125	126	125	122	122	120	122	118	115	112	115	114	
115	112	113	111	106	107	108	108	109	107	109	106	
104	98	100	101	101	101	101	102	100	97	99	100	
101	98	99	101	98	99	98	99	92	93	94	94	
93	91	92	91	85	88	87	88	87	88	87	88	
86	87	87	86	81	84	85	85					
Note: (*) misura effettuata con l'aria ambiente.												
Valore medio/prova:		108.6 mg/m3			(tutti i dati sono lordi)							
La lettura del TOC avviene ogni 20s.												



IN	(Prova)	(mg/m3)
Valore medio:		124.5
Valore minimo:		47.0
Valore massimo:		218.0
OUT	(Prova)	(mg/m3)
Valore medio:		108.6
Valore minimo:		81.0
Valore massimo:		144.0

Fig. 6.28 – Analisi del Carbonio Organico Totale (TOC) - gascromatografo FID campionamento dinamico.

6.2.2 Composizione delle emissioni

In Tab. 6.45 sono riportate le concentrazioni delle diverse sostanze organiche individuate dalle analisi dell'emissione gassosa nel corso di ogni prova industriale, e per le emissioni prelevate prima e dopo il depuratore, con i metodi specificati anteriormente nel § 5.3.

6.2.3 Fattori di emissione (FE)

In Tab. 6.46 sono riportati i fattori di emissione (FE) delle diverse sostanze organiche individuate, calcolati per ogni prova e riferiti a 1 g di mix industriale di additivi organici (A e B) in ingresso al forno industriale.

I dati ed i parametri necessari per il calcolo dei FE (Tab. 6.46) delle sostanze rilevate nelle analisi e riportate alla Tab. 6.45, sono in Tab. 6.47.

Tab. 6.45 – Risultati delle analisi di sostanze organiche nelle emissioni gassose: concentrazioni - prove industriali.

Prodotto - punto prelievo	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI							
		Carbonio	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole
concentrazione	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc
A - prima dep	19.0	0.1	3.7	0.3	0.8	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-	6.5	-	-	-	-	-	-
A - dopo dep	5.0	0.8	5.6	0.4	0.6	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B - prima dep	49.0	2.7	11.3	0.6	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.4	-	-	-	-	-	-
B - dopo dep	43.0	3.8	8.6	0.9	0.5	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-

NOTE:

Prima dep : punto di rilievo a monte del depuratore (filtro a maniche con prerivestimento)

Dopo dep : punto di rilievo a valle del depuratore (filtro a maniche con prerivestimento)

Tab. 6.45 – Risultati delle analisi di sostanze organiche nelle emissioni gassose: concentrazioni - prove industriali (continuazione).

Prodotto - punto prelievo	Analisi COV																				CO
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Derivati diossano/ diossolano e altri composti ossigenati	4 Metil 1.3diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Etanolo	Nitrometano	Metil etil chetone	
concentrazione	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc	mg/Nmc
A - prima dep	5.0	<0.5	<0.5	-	<0.5	2.2	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
A - dopo dep	4.2	0.8	<0.5	<0.5	2.8	1.0	-	-	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
B - prima dep	14.9	<0.5	-	-	5.5	20.0	-	-	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	-	-	<0.5	n.r.
B - dopo dep	15.0	4.2	<0.5	-	15.0	12.5	-	-	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	-	8.5	<0.5	-	188.0

NOTE:

Prima dep : punto di rilievo a monte del depuratore (filtro a maniche con prerivestimento)

Dopo dep : punto di rilievo a valle del depuratore (filtro a maniche con prerivestimento)

espressi come 1,3 Diossolano

espresso come DEG

Tab. 6.46 – Elaborazione dei risultati delle analisi dell’emissione gassosa. Calcolo dei fattori di emissione, con riferimento a 1 g di mix organico (A e B) in ingresso al forno industriale.

Prodotto - punto prelievo	TOC _{stat}	Analisi ALDEIDI											Analisi GLICOLI								
		Carbonio	Formaldeide	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Metacroleina	Butirraldeide	Valeraldeide	Tolualdeide	Aldeide insatura	Benzaldeide	Etilen glicole	Dietilen glicole	Derivati del PEG	Monopropilen glicole	Dipropilen glicole	Dipropilen glicole metil etere	Neopentil glicole	Derivati del DPM
FE=CxQ/FMa	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]
A - prima dep	59.9	0.3	11.7	0.9	2.5	0.3	0.3	0.3	-	-	-	-	-	20.5	-	-	-	-	-	-	-
A - dopo dep	17.8	2.8	19.9	1.4	2.1	0.4	-	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B - prima dep	50.1	2.8	11.6	0.6	0.4	0.1	-	-	-	-	-	-	-	3.5	-	-	-	-	-	-	-
B - dopo dep	46.1	4.1	9.2	1.0	0.5	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	2.1	-	-	-	-	-	-	-

NOTE:

Prima dep : punto di rilievo a monte del depuratore (filtro a maniche con priverivestimento)

Dopo dep : punto di rilievo a valle del depuratore (filtro a maniche con priverivestimento)

Tab. 6.46 – Elaborazione dei risultati delle analisi dell’emissione gassosa. Calcolo dei fattori di emissione, con riferimento a 1 g di mix organico (A e B) in ingresso al forno industriale - continuazione.

Prodotto - punto prelievo	Analisi COV																				CO
	Acetone	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	2 Metil 1.3 diossolano	Acido Acetico	Derivati diossano/ diossolano e altri composti ossigenati	4 Metil 1.3diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metile formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Vinil acetato	Acilonitrile	Etanolo	Nitrometano	Metil etil chetone	
FE=CxQ/FMa	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg sov/g add]	[mg CO/g add]
A - prima dep	15.8	1.6	1.6	-	1.6	6.9	-	-	-	-	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
A - dopo dep	14.9	2.8	1.8	1.8	10.0	3.6	-	-	-	-	-	1.8	1.8	-	-	-	-	-	-	-	n.r.
B - prima dep	15.2	0.5	-	-	5.6	20.5	-	-	-	-	-	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5	n.r.
B - dopo dep	16.1	4.5	0.5	-	16.1	13.4	-	-	-	-	-	0.5	0.5	-	-	-	-	9.1	0.5	-	201.7

NOTE:

Prima dep : punto di rilievo a monte del depuratore (filtro a maniche con priverivestimento)

Dopo dep : punto di rilievo a valle del depuratore (filtro a maniche con priverivestimento)

Per il calcolo del fattore di emissione delle sostanze con valori di concentrazioni <0,5 mg/Nmc si è assunto, in via cautelativa, il valore di 0,5 mg/Nmc.

espressi come 1,3 Diossolano

espresso come DEG

Tab. 6.47 - Calcolo del rapporto Q/FMa utilizzato per il calcolo dei Fattori di Emissione (FE) - prove industriali.

Prova - punto prelievo	grammatura media applicata [g/m ²]	produzione oraria forno [pz/h]	superficie oraria piastr verdi trattata [m ² /h]	FMa additivi IN [g/h]	Q portata emissione [Nm ³ /h]	Q/FMa	Ci concentr. Composto <i>i</i> [mg/Nm ³]	FE Fattore di Emissione C x Q/FMa [mg comp/g add]
A - prima dep	15.33	1620	176.4	2704	8525	3.1524	Tab. 6.45	Tab. 6.46
A - dopo dep	15.33	1512	164.7	2524	8975	3.5558	Tab. 6.45	Tab. 6.46
B - prima dep	49.17	5009	200.4	9852	10075	1.0226	Tab. 6.45	Tab. 6.46
B - dopo dep	49.17	4739	189.6	9321	10000	1.0729	Tab. 6.45	Tab. 6.46

FMa: flusso massico orario del mix organico di additivi "a" in ingresso al forno.

Q: portata del emissione al camino.

C_i: concentrazione di ogni singola sostanza rilevata nell'emissione del prodotto "a" - Tab. 6.45.

FE: fattore di emissione del prodotto "a" per la riferente sostanza, dato per il prodotto di **Q/FMa** (che caratterizza la prova "X") per la concentrazione **C_i**, riportati alla Tab. 6.46.

6.3. Discussione

In questo paragrafo vengono commentati alcuni andamenti ed aspetti che emergono da un esame dei risultati ottenuti. In particolare:

- le relazioni fra risultati delle prove qualitative e delle prove quantitative;
- l'andamento del contenuto organico residuo dopo cottura, in funzione del tipo di additivo e della temperatura di trattamento termico;
- le relazioni additivo-temperatura-SOV emesse;
- il confronto, nel caso delle prove industriali, fra emissione a monte ed emissione a valle del depuratore;
- le relazioni fra risultati delle prove di laboratorio e delle prove industriali, a parità di materiale;
- andamento del Carbonio Organico Totale per i diversi additivi;
- determinazione del Carbonio Organico Totale nelle emissioni: confronto dei risultati ottenuti con i metodi di campionamento statico e dinamico;
- il Monossido di Carbonio (CO) rilevato nelle emissioni. Relazioni con additivo e temperatura di trattamento termico delle prove eseguite in laboratorio;
- valutazione degli aspetti tossicologici delle SOV identificate nelle emissioni gassose da trattamento termico degli additivi organici.
- impatto odorigeno delle SOV riscontrate.

Viene qui dunque perseguito l'obiettivo di descrivere in modo dettagliato quanto emerso dai risultati delle prove, indagando anche aspetti – comportamenti – non immediatamente percepibili dalla semplice lista dei risultati.

6.3.1. Confronto dei risultati di prove qualitative e prove quantitative in laboratorio

Le prove qualitative, i cui risultati sono riportati in 6.1.1, sono state previste ed effettuate allo scopo di ottenere indicazioni utili ai fini di una più affidabile progettazione degli apparati, delle metodiche e delle procedure delle prove quantitative. In effetti, i risultati qualitativi ottenuti hanno fornito importanti informazioni sulla qualità delle SOV da misurare nelle successive prove quantitative. Le informazioni ottenute hanno rappresentato, in alcuni casi, anche una conferma di comportamenti prevedibili o attesi sulla base di precedenti esperienze svolte sulla stessa tematica^(16, 17, 22).

Ottenuti i risultati delle prove quantitative, si è effettuato un confronto con quelli delle prove qualitative (6.1.2), il cui esito ha confermato la sostanziale congruenza dei risultati ottenuti. A fronte di alcune SOV quantitativamente minoritarie, non sempre presenti nei risultati di entrambe le prove, si registra una buona corrispondenza per le SOV di maggiore rilievo.

Le incongruenze riscontrate appaiono compatibili con la diversa metodologia di indagine adottata per le prove qualitative e quantitative, come descritto in § 5.1.1 e § 5.1.2 rispettivamente.

In particolare si segnala che nei resoconti delle prove qualitative è stata annotata anche la presenza di sostanze riscontrabili in tracce, mentre nelle prove quantitative si è scelto di quantificare solo i composti presenti in concentrazioni d'interesse per i calcoli dei FE (generalmente concentrazioni superiori a $0,1 \text{ mg/Nm}^3 - 0,5 \text{ mg/Nm}^3$).

6.3.2. Influenza della temperatura su evaporazione/decomposizione degli additivi: il contenuto organico residuo dopo cottura.

Come precedentemente descritto (§ 5.1.2.6), in ogni prova di cottura (prove quantitative) tutte le piastrelle costituenti il lotto di prova sono state pesate sia all'ingresso del forno (peso dopo applicazione), sia all'uscita del forno (peso dopo cottura).

Si sottolinea che le misure sono state effettuate, rispettivamente, immediatamente dopo il passaggio del supporto sulla linea di applicazione - provvedendo che il tempo trascorso fra l'uscita della linea e l'entrata del provino al forno sia sempre minimo e, posteriormente, dopo l'uscita dal forno con il raggiungimento della temperatura ambiente per il provino, allo scopo di eliminare gli effetti (gli errori) associati ad un'incontrollata liberazione di SOV, in funzione delle condizioni ambientali del laboratorio in occasione delle prove.

I risultati delle citate pesate sono stati utilizzati per determinare, per ogni prova, il contenuto organico residuo dopo cottura, R [%], di cui la rappresentazione schematica della linea sperimentale di preparazione dei campioni con l'individuazione delle citate pesate è riportata alla Fig. 6.29.

La formula di calcolo utilizzata è la seguente (equazione 2):

$$R [\%] = [(P-\Delta p)/P] \times 100 \quad (2)$$

dove:

Δp [g/pz] = (peso dopo applicazione – peso dopo cottura) = peso di additivo organico liberato.

P [g/pz] = grammatura dell'additivo applicata.

$(P-\Delta P)$ [g/pz] = contenuto organico residuo dopo cottura.

I risultati ottenuti sono tabulati e diagrammati, in funzione della temperatura massima di trattamento termico, in Tab. 6.48 per i glicoli (additivi da MEG a PEG 4000) e in Tab. 6.49 per le resine (additivi da PAcr-Na a PVAc). I risultati sono posti a confronto, nelle medesime tabelle, con gli intervalli di evaporazione/decomposizione, misurati da Ascari⁽¹⁶⁾, Veronesi⁽¹⁷⁾ e Piccinini⁽²²⁾.

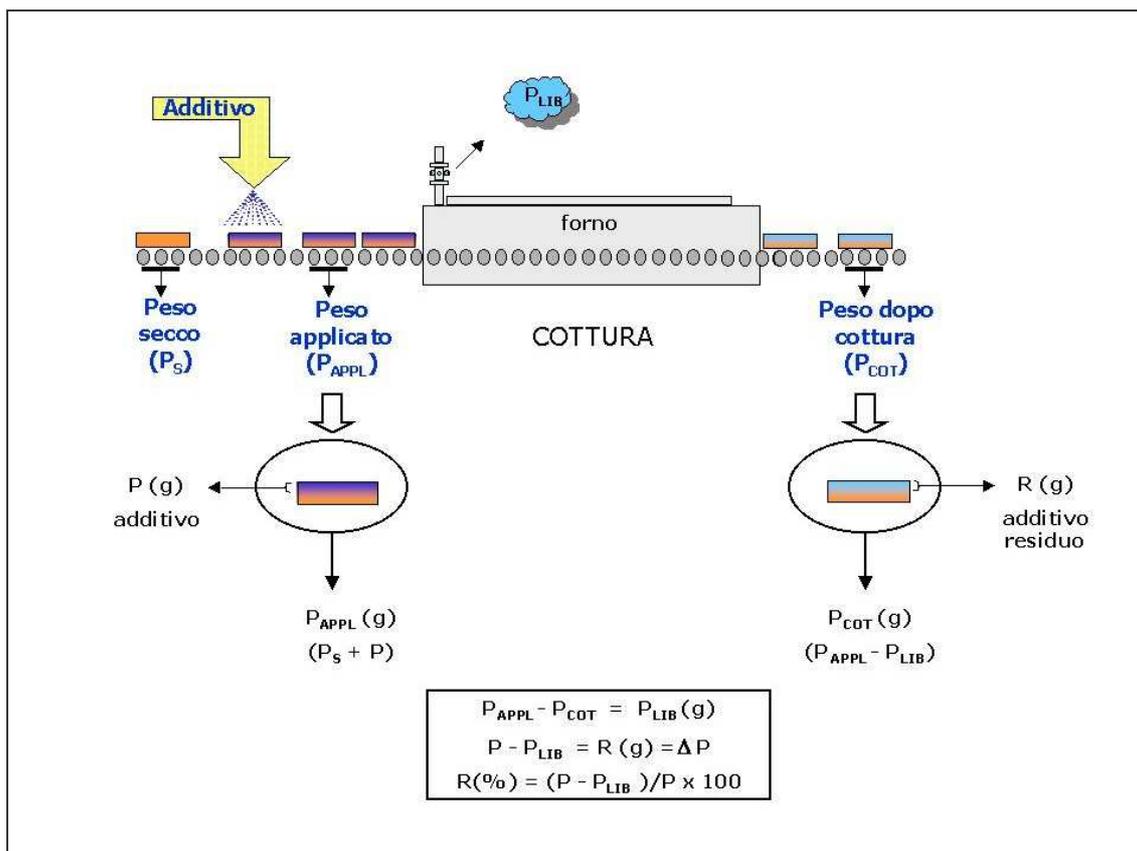


Fig. 6.29 – Rappresentazione schematica della preparazione e trattamento termico dei campioni, effettuazione delle varie pesature e calcolo del residuo percentuale di additivo dopo cottura.

Come si vede, tutti i glicoli (Tab. 6.48) presentano un contenuto organico residuo dopo trattamento termico a 300 °C variabile da 0 al 3 % dunque, nelle condizioni in cui sono state condotte le prove di laboratorio, la cottura alla temperatura massima di 300 °C è sufficiente a liberare dal prodotto dal 100 % del contenuto organico (nel caso del NPG e del DPN) fino a un minimo di circa il 97 % (PEG 400). A 500 °C – ed a maggior ragione a temperatura superiore - tutti i glicoli sono completamente rimossi dal materiale in cottura.

Le resine (Tab. 6.49) si comportano diversamente: il residuo organico dopo cottura a 300 °C è decisamente superiore, e varia da circa il 5 % (ACRM, CMC e PVA) fino al 35 % (PAcr-Na).

Questo diverso comportamento sembra ben correlato, in media, ai valori di temperatura di evaporazione e decomposizione rilevati da Piccinini⁽²²⁾: anche se bisogna riconoscere che si tratta di una correlazione solo qualitativa, e con qualche deviazione (il PEG 4000 ha temperature di evaporazione/decomposizione le più elevate fra i glicoli, e tipiche invece delle resine, ma ha esibito valori di residuo organico molto bassi anche dopo cottura a 300 °C). Nonostante ciò, i risultati appaiono interessanti come una graduatoria di “stabilità termica” degli additivi sperimentati in questa ricerca.

Tab. 6.48 – Glicoli: residui di contenuto organico dopo trattamento termico alle rispettive temperature.

	Additivo	residuo (%) x T cottura (°C)			ΔT evaporazione / decomposizione [°C]	
		300	500	700		
G L I C O L I	MEG	0.0	n.r.	0.0	97	295
	DEG	1.1	0.0	0.0	120	323
	MPG	0.5	n.r.	0.0	98	267
	DPG	0.9	0.0	0.0	97	278
	NPG	0.0	n.r.	0.0	93	309
	DPM	0.0	0.0	0.0	18	231
	PEG 400	2.6	0.0	0.0	188	700
	PEG 4000	0.9	n.r.	0.0	372	700

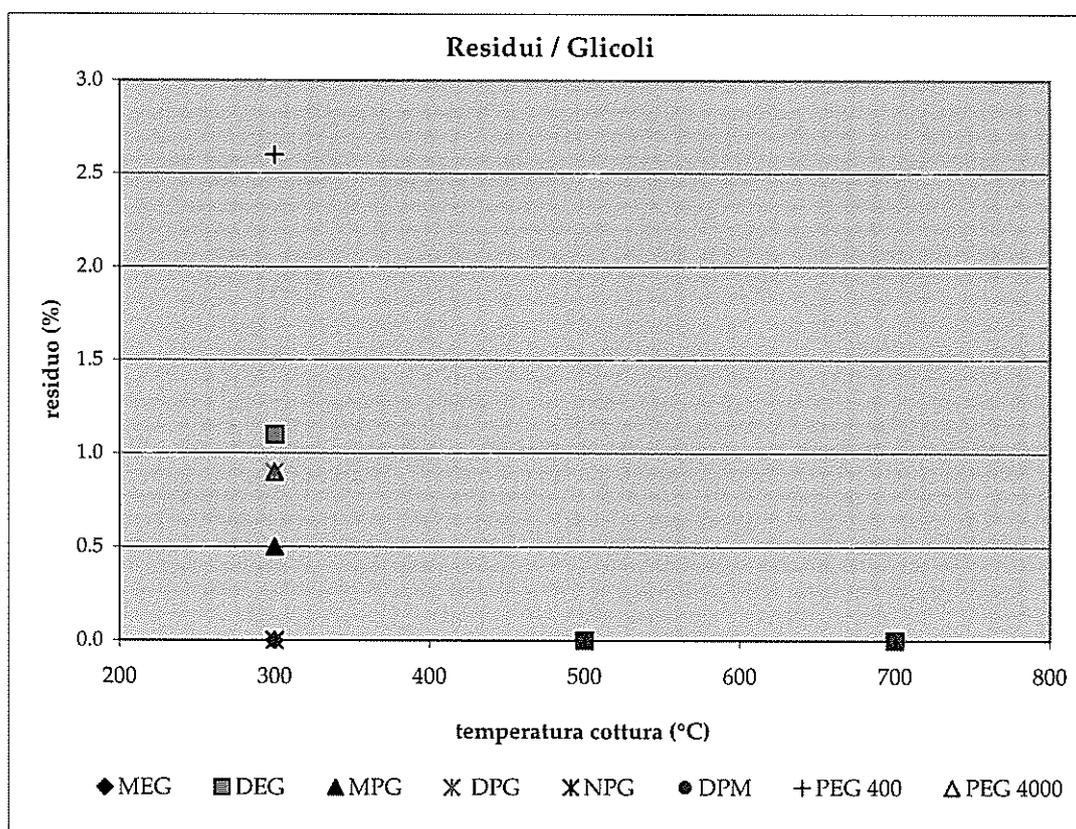


Fig. 6.30 - Residuo di additivo organico dopo trattamento termico alle varie temperature - Glicoli.

Tab. 6.49 – Resine: residui di contenuto organico dopo trattamento termico alle rispettive temperature.

	Additivo	residuo (%) x T cottura (°C)			ΔT evaporazione / decomposizione [°C]	
		300	500	900		
R E S I N E	PAcr-Na	35.6	6.0	0.0	393	831
	CMC	6.0	0.0	0.0	277	886
	DES	15.5	n.r.	0.0	252	843
	ACRM	5.1	0.0	0.0	180	843
	PVA	6.2	n.r.	0.0	227	890
	PVAc	10.0	n.r.	0.0	164	667

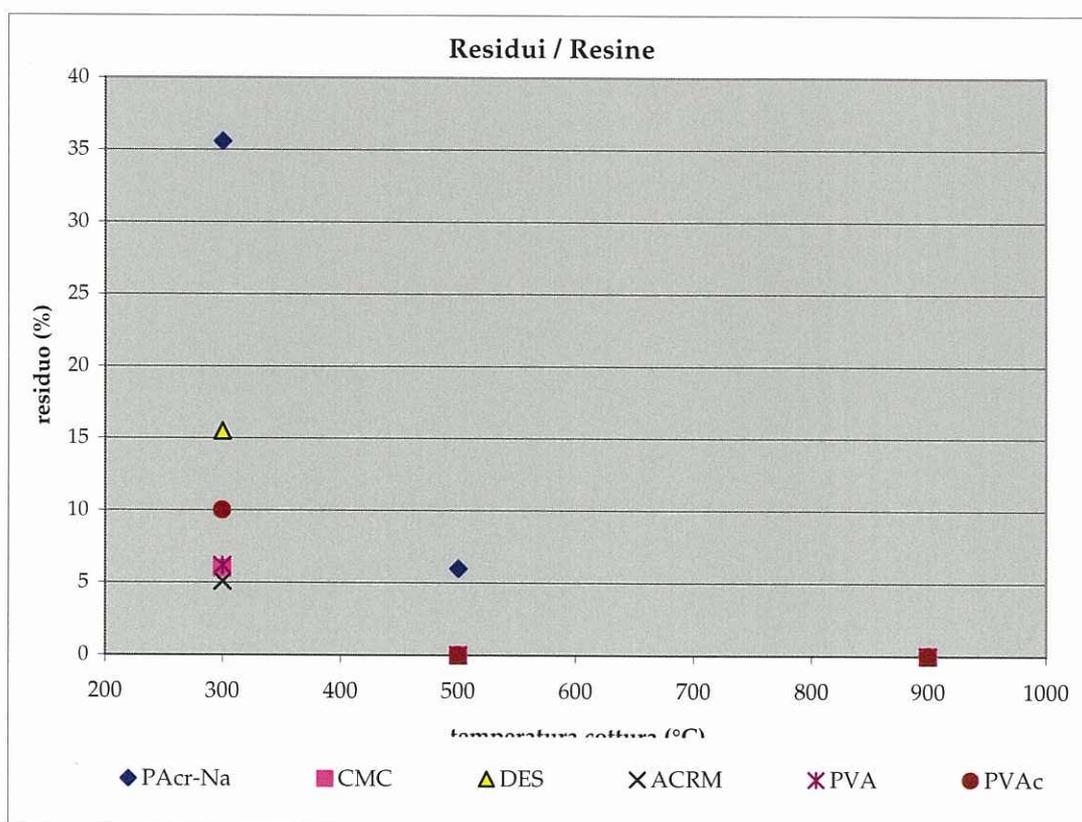


Fig. 6.31 - Residuo di additivo organico dopo trattamento termico alle varie temperature - Resine.

6.3.3. Descrizione delle relazioni fra additivo, emissione di sostanze organiche e temperatura di trattamento termico.

Prendendo in considerazione le tabelle 6.32 e 6.33 che hanno riportato, rispettivamente, le *concentrazioni* ed i *fattori di emissione* delle varie sostanze rilevate nelle prove di trattamento termico degli additivi in forno da laboratorio, ed avendo una visione complessiva dei risultati, si può osservare vari aspetti interessanti ed importanti che talvolta anche caratterizzano le emissioni per tipologia di additivo, o anche in determinati casi, più specificamente sono relativi ad alcuni additivi in particolare.

Queste osservazioni e discussioni sono riportate in seguito ed presentate per classe di sostanza in emissione: Carbonio Organico Totale (TOC - metodo campionamento statico), Aldeidi, Glicoli e Composti Organici Volatili (COV).

Per quanto riguarda il **CARBONIO ORGANICO TOTALE**, riportato alla prima colonna della Tab. 6.33 come TOC_{stat} , e riferito al grammo di additivo in ingresso al forno (FE), si è verificato un andamento sempre crescente con l'aumento della temperatura massima di trattamento termico per tutti gli additivi considerati nella ricerca, siano questi glicoli o resine.

Per quanto concerne le emissioni di **ALDEIDI** si può osservare che, a parità di temperatura di trattamento termico:

1. Formaldeide, Acetaldeide e Propionaldeide sono state rilevate nelle emissioni associate a tutti gli additivi, siano glicoli o resine ed indipendentemente dalla temperatura di trattamento termico.
2. Formaldeide e Acetaldeide sono presenti spesso con livelli elevati del Fattore di Emissione (FE): significativamente più elevati, nella generalità dei casi, rispetto alla Propionaldeide. Per gli additivi DEG, DPM, PEG 400, PEG 4000 e, leggermente in subordine, DES, NPG e PVAc, l'emissione di formaldeide è significativamente superiore all'acetaldeide. Invece, l'emissione di acetaldeide è maggiore – più o meno significativamente – per gli additivi MEG, CMC, ACRM, PVA.
3. Acroleina è presente nelle emissioni da tutti gli additivi trattati (principalmente ad alta temperatura), essendo l'unica eccezione l'additivo ACRM, per il quale non è stata rilevata in emissione questa aldeide.

Sempre risultato FE inferiore a 1 mg/g (unica eccezione: PAcr-Na, che emette 1,62 mg/g). Alla bassa temperatura FE inferiori a 0,1 in meno della metà degli additivi (negli altri, non è stata appunto rilevata). L'acroleina, anche nei casi in cui le concentrazioni emesse non sono trascurabili, rappresenta comunque sempre un composto il cui FE incide non più del 10% sulla emissione complessiva di aldeidi.

4. Le aldeidi da Crotonaldeide in poi sono variamente distribuite (ciascuna di esse è stata rilevata nelle emissioni di circa la metà degli additivi), ma sempre, sia ad alta che a bassa temperatura, con valori del FE inferiori a 1 mg/g.

5. La Benzaldeide ed la Butirraldeide sono state rilevate con bassi valori di FE (inferiori a 0,5 mg/g), ma comunque sempre, e soltanto, per gli additivi del tipo resine.

6. L'additivo con le minori emissioni complessive di aldeidi è l'ACRM.

Sempre per le ALDEIDI, all'aumentare della temperatura massima del trattamento termico si osserva che:

1. Nella maggioranza dei casi i fattori di emissione aumentano, più o meno significativamente. Le aldeidi dovrebbero essere prodotti secondari, cioè formati da reazioni fra composti organici pre-esistenti. Sembra dunque che all'aumentare della temperatura la resa di queste reazioni – ovviamente nelle specifiche condizioni di cottura che sono state mantenute durante le prove – tende ad aumentare. Nei pochi casi in cui si verifica, la diminuzione del FE di aldeidi all'aumentare della temperatura del trattamento termico potrebbe essere associata a reazioni secondarie in cui l'aldeide in esame viene coinvolta ad alta temperatura.

2. Nella maggioranza dei casi, alla temperatura massima di trattamento termico più alta si rileva la presenza di un numero maggiore di aldeidi (assenti a 300 °C, presenti seppure con valori bassi di FE ad alta temperatura).

Nota: L'anomala concentrazione di formaldeide riscontrata nella piastrella non trattata, alla temperatura di 900°C (Tab. 6.32-a), è probabilmente dovuta a contaminazione del forno o ad una imprevedibile contaminazione dei materiali di prova. Tale valore, infatti, risulta superiore a molte delle concentrazioni riscontrate durante le prove eseguite con lo stesso materiale di base (supporto) ricoperto con uno degli additivi. Se la concentrazione di formaldeide liberata dalla piastrella base fosse effettivamente quella riscontrata nella prova di bianco, tutti i valori ottenuti in fase di verifica di un additivo

avrebbero dovuto essere superiori a questo mentre ciò non corrisponde a quanto ottenuto.

Altro fattore che mette in evidenza l'incongruenza di questo risultato è che non esistono altre sostanze rilevate nella emissione della prova, cosa che non dovrebbe appunto succedere se realmente fosse una questione di contaminazione del forno di cottura, dove altre sostanze, per forza dovrebbero essere presenti. Anche si evidenzia che questa è stata la prima prova eseguita in una giornata di prove, ed anche che il primo compito realizzato prima di ogni prova era di eseguire un ulteriore trattamento di pulizia della atmosfera del forno - la procedura era la seguente:

- accensione del forno e riscaldamento fino al raggiungimento della temperatura massima della prova (nel caso 900°C);
- aspirazione centralina in funzione;
- controllo della atmosfera del forno con analisi TOC simultanea - campionamento dinamico;
- nell'ultima prova di ogni giornata: forno acceso a temperatura massima fino al completo svuotamento con l'uscita di tutti campioni e la fine di tutti lavori al laboratorio. La centralina di aspirazione è mantenuta sempre accesa fino alla chiusura del laboratorio.

La prova precedente a quella in discussione è stata il DPG a 500 °C, eseguita il giorno anteriore, di cui l'emissione è caratterizzata da un'importante quantità di glicoli non osservata appunto nella prova successiva del BIANCO a 900°C.

Questi fatti ci portano a ipotizzare un errore probabilmente accaduto tra il prelievo della emissione campione e l'analisi della stessa secondo la metodica descritta in 5.3.2, comunque trattasi di un dato non attendibile.

Per quanto concerne le emissioni di **GLICOLI** si può osservare che, a parità di temperatura di trattamento termico:

1. La presenza di glicoli nell'emissione gassosa è stata rilevata solo ed esclusivamente per gli additivi dal MEG al PEG 4000, quelli a base appunto di *Glicoli*. Gli altri additivi, le resine, non hanno emesso glicoli in nessuna delle prove condotte (sia ad alta che a bassa temperatura di trattamento termico).

2. Sia ad alta che a bassa temperatura – salvo eccezione comunque giustificata – il glicole presente in maggiore quantità dell'emissione è quello costituente l'additivo. Appare dunque giustificata la conclusione che la presenza di glicoli nell'emissione gassosa sia da ricondurre fondamentalmente ad un processo evaporativo - la sostanza rilevata in emissione è la stessa dell'additivo però in forma gassosa.

3. Gli additivi tipo Glicole a più alto peso molecolare (Tab. 4.2) sembrano presentare nell'emissione una gamma più ampia di glicoli, rispetto agli additivi a minore peso molecolare. Ciò è probabilmente dovuto al fatto che i più alti pesi molecolari di tali glicoli fanno aumentare di importanza le

reazioni di decomposizione rispetto ai fenomeni evaporativi. Sono rilevate in emissione delle sostanze che sono derivati degli additivi in forma gassosa, risultanti di fenomeni appunto del tipo decompositivo, osservato più evidentemente per il DPG, DPM, PEG 400 e PEG 4000.

Sempre per i GLICOLI, all'aumentare della temperatura del trattamento termico si osserva che:

1. L'emissione di glicoli aumenta, in alcuni casi significativamente (si passa da decine a centinaia di mg/g di additivo, per temperatura massima di trattamento termico aumentata da 300 a 700 °C): i fenomeni evaporativi si intensificano.

2. Compaiono altri glicoli: aumenta il grado di dissociazione. Si notino, in particolare, gli additivi da MEG a DPG. Per trattamento termico a 300 °C l'unico effetto sembra essere l'evaporazione, per cui nell'emissione si riscontra la presenza del solo glicole costituente. A 700 °C ve ne sono diversi, in tenori non trascurabili: si noti il dietilen glicole, presente con FE da 4 a 20 mg/g circa nelle emissioni da prodotti additivati con MEG, MPG e DPG.

Infine, per quanto concerne le emissioni di **COMPOSTI ORGANICI VOLATILI** si può osservare che, a parità di temperatura di trattamento termico:

1. L'acetone è l'unico COV presente nelle emissioni gassose di tutti gli additivi, sia dei glicoli che delle resine.

2. L'acido acetico e il 1,4 Diossano seguono l'acetone in questa graduatoria di "ubiquità" nelle emissioni gassose, sia dei glicoli che delle resine: soprattutto alla temperatura di trattamento termico più elevata.

3. Agli additivi a base di glicoli (MEG - PEG 4000) sono associate emissioni contenenti, in generale, una gamma più ampia di COV, rispetto alle resine.

4. Sia per bassa (300 °C) che per alta (700°C) temperatura massima di trattamento termico, le emissioni gassose della maggior parte dei glicoli (da MPG a PEG 4000) contengono quantità significative di derivati del diossano/diossolano. Tali composti non compaiono invece nelle emissioni delle resine. Parimenti associati esclusivamente ai glicoli sono i diossolani (1.3 Diossolano e 2 Metil 1.3 Diossolano).

5. Sostanze di grado tossicologico importante come il Toluene e il Benzene si trovano nelle emissioni solo di alcune resine (PAcr-Na, ACRM, PVA e PVAc) ed in nessuna delle emissioni dei glicoli. Anche soltanto per le resine è stato rilevato Furano (CMC, DES, PVA) e acrilonitrile (appena per ACRM). In tutti i casi i fattori di emissione sono su livelli relativamente bassi, inferiori a 1 mg/g.

Sempre per i COMPOSTI ORGANICI VOLATILI, all'aumentare della temperatura del trattamento termico si osserva che:

1. Come per le altre SOV sopra considerate, un aumento della temperatura di trattamento termico comporta un aumento, variamente significativo, dei fattori di emissione delle sostanze presenti per la temperatura più bassa.

6.3.4. Influenza della temperatura sulla composizione dell'emissione originata dal trattamento termico degli additivi.

Le osservazioni e discussioni di questo paragrafo, basate sui risultati quantitativi elaborati (Fattori di Emissione) di campagne a scala di laboratorio con additivi presi singolarmente uno alla volta, assumono un'importanza particolare ai fini del conseguimento degli obiettivi della ricerca riportati al § 3.

Lo scopo è di fornire un quadro organizzato e dettagliato dei risultati ottenuti, i quali permettono la progettazione o riformulazione di veicoli serigrafici ottimizzati in funzione del comportamento in esercizio e contributo all'emissione di SOV. Partendo dalle tabelle quantitative classificadorie riportate in seguito (Tab. 6.50, 6.51 e 6.52), che sono la base delle discussioni qui realizzate, si possono effettuare delle ulteriori elaborazioni/classifiche basate su uno o più aspetti qualitativi di particolare interesse, molto importanti nella progettazione di prodotti ad emissione controllata di SOV. Questi aspetti, direttamente associati ad determinati obiettivi, sono:

- il carico massimo totale di SOV emesse, quando si cerca minori emissioni in generale;
- la soglia olfattiva delle SOV originate, quando il problema da affrontare sono le maleodorazione, o l'impatto odorigeno;
- la temperatura di liberazione e di ossidazione delle SOV originate, quando si intende un abbattimento termico di queste sostanze;
- la tossicità, per salvaguardare la salute dei cittadini;
- la pericolosità ambientale delle sostanze emesse, quando l'attenzione è focalizzata sull'impatto ambientale.

Le tabelle 6.50, 6.51 e 6.52 evidenziano, con l'ausilio di colori, le relazioni fra: additivo – qualità e quantità di sostanze organiche rilevate nelle emissioni – temperatura di trattamento termico. La valutazione delle tabelle classificadorie realizzata attraverso il colore è possibile tanto qualitativa come quantitativa, anche confrontando i risultati conforme la temperatura di cottura, alta e bassa. Quanto più sono colorate (o meno bianche) le celle di ogni riga delle tabelle (corrispondenti ad ogni singolo additivo, significa che più sostanze differenti sono presente nell'emissione – più alto il grado di dissociazione. D'altra parte, quanto più scuri sono questi colori, tendendo al rosso o grigio (conforme la rispettiva legenda riportata), tanto più alti sono i FE in emissione, e così si procede la valutazione quantitativa con il confronto tra i diversi additivi e le temperature di prova.

Tab. 6.50 – Relazione fra additivo e qualità e quantità di ALDEIDI nell'emissione, riferita alla temperatura del trattamento termico bassa ed alta.

T= 300 °C		ALDEIDI (mg ALD/g add)										
		FORM	ACET	PROPION	ACROL	CROTON	METACROL	BUTIRR	VALER	TOLU	INSAT	BENZ
	MEG	0.90	1.11	0.01	0.02							
	DEG	1.02	1.17	0.01	0.01	0.14		0.01				
	MPG	1.00	1.06	0.52								
	DPG	0.57	0.70	0.83								
	NPG	1.18	0.13	0.02						0.06		
	DPM	2.38	1.75	2.27	0.02		0.04	0.01	0.07	0.04		
	PEG 400	3.35	0.06	0.03	0.01							
	PEG 4000	1.49	0.10									
	PAcr-Na	0.15	0.12	0.03								
	CMC	0.09	0.15	0.03								
	DES	0.86	0.41		0.03	0.03	0.03	0.07				
	AGRM	0.12	0.08	tr								
	PVA	0.99	5.61	0.04	0.04	0.44	0.04	0.04				0.08
	PVAc	0.50	0.23	0.03								0.03
T= 700/900 °C		ALDEIDI (mg ALD/g add)										
		FORM	ACET	PROPION	ACROL	CROTON	METACROL	BUTIRR	VALER	TOLU	INSAT	BENZ
	MEG	2.27	3.71		0.03							
	DEG	9.44	0.38	0.03	0.20							
	MPG	3.15	2.74	1.75	0.10		tr					
	DPG	2.61	1.82	1.09	0.22							
	NPG	2.97	1.04	0.19	0.16					0.98		
	DPM	10.20	0.46	0.40	0.15	0.03			0.03			
	PEG 400	8.50	0.80	0.04	0.08							
	PEG 4000	5.39	0.55	0.04	0.04							
	PAcr-Na	4.47	6.71	0.31	1.62	0.12		0.12		0.12	0.06	0.19
	CMC	1.29	5.54	0.64	0.26	0.26		0.13		0.13	0.13	0.39
	DES	10.11	3.60	0.22	0.56			0.11				
	AGRM	0.05	0.65	0.05								tr
	PVA	5.40	14.65	0.22	0.22	0.88		0.11				0.11
	PVAc	9.85	4.38	0.44	0.22	0.11		0.11				0.22

Legenda:
(mg/g)

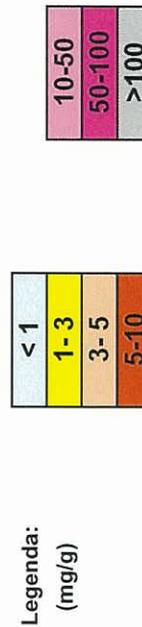
< 1
1 - 3
3 - 5
> 5

Tab. 6.51 – Relazione fra additivo e qualità e quantità di GLICOLI nell'emissione, riferita alla temperatura del trattamento termico bassa ed alta.

T= 300 °C	GLICOLI (mg GLI/g _{add})									
	MEG	DEG	Der PEG	MPG	DPG	DPM	NPG	Der DPM		
MEG	85.6									
DEG		52.4								
MPG				17.3						
DPG				0.2	8.8					
NPG										
DPM		0.1				9.2			9.2	
PEG 400		4.5								
PEG 4000	0.6	0.9	16.3	0.5						
PAcr-Na										
CMC										
DES										
ACRM										
PVA										
PVAc										

T= 700/900 °C	GLICOLI (mg GLI/g _{add})									
	MEG	DEG	Der PEG	MPG	DPG	DPM	NPG	Der DPM		
MEG	291.5	21.8								
DEG		35.2			266.6*					
MPG		19.5		341.2						
DPG		4.2		0.8	214.2					
NPG							73.3			
DPM						68.5			94.3	
PEG 400	17.4	211.4								
PEG 4000		5.8	114.9	0.5						
PAcr-Na										
CMC										
DES										
ACRM										
PVA										
PVAc										

* probabile contaminazione del forno



Tab. 6.52 – Relazione fra additivo e qualità e quantità di COMPOSTI ORGANICI VOLATILI nell'emissione, riferita alla temperatura del trattamento termico bassa ed alta.

300°C	COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (mg COV/g add)																			
	Acetone	1,4 Diossano	1,3 Diossano	2 Metil 1,3 diossolano	Acido Acetico	Altri composti ossigenati	Derivati diossano/diossolano	4 Metil 1,3 diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metil formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Acritonitrile	2,2 Dimetil 1,3 diossolano	Metil etil chetone	
MEG	0.04		0.91																	
DEG	0.02	0.68	0.05	0.51	0.05	1.19		1.02												
MPG	0.77							0.18										0.06		0.07
DPG	0.65		0.06																	
NPG	1.60																			
DPM	0.57	0.10			0.06				0.25	0.11										
PEG 400	0.12	0.54	1.96	0.14	0.28	0.87	12.6					0.08								
PEG 4000	0.05	0.31	1.29	0.08	0.78		88.4*					0.69								
PAcr-Na	0.06						10.1						0.15							
CMC	0.44																			
DES	0.17				0.69															
ACRM	0.12	0.20			0.20								0.20							0.20
PVA	0.60				1.11									0.20						0.20
PVAc	0.17				0.33									0.17						
700/900°C	COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (mg COV/g add)																			
Acetone	1,4 Diossano	1,3 Diossano	2 Metil 1,3 diossolano	Acido Acetico	Altri composti ossigenati	Derivati diossano/diossolano	4 Metil 1,3 diossolano	1 Metossi 2propanolo	2 Metossi 1propanolo	Metil acetato	Metil formiato	Toluene	Benzene	Metil vinil chetone	Furano	Acritonitrile	2,2 Dimetil 1,3 diossolano	Metil etil chetone		
MEG	0.09	0.15	1.68	0.54																
DEG	0.55	3.37	1.01	2.60	1.21															
MPG	5.10			4.97			2.47													
DPG	1.60		0.14	1.25			1.03										0.14			
NPG	13.45													0.98						2.30
DPM	4.99	0.61		1.86																
PEG 400	0.23	4.33	3.91	1.57	1.99	5.9		0.67	1.13	0.15	0.19									
PEG 4000	0.13	1.02	1.57	3.27		309.9*					0.59									
PAcr-Na	0.31	0.31		0.31		19.1						0.06	0.25	0.31						
CMC	2.57	0.64		0.64											0.64					
DES	0.56			2.25											0.56					
ACRM	0.54	0.27																		0.27
PVA	11.02			20.38											0.55					
PVAc	0.55			16.97									0.55	0.88	0.55					

Legenda:
(mg/g)

< 1
1-3
3-5
5-10

10-50
50-100
>100

Nota: * Derivati del PEG 400 + derivati diossano/diossolano

6.3.4.1. *Analisi del Carbonio Organico Totale (TOC) – campionamento statico*

Sempre crescente con l'aumento della temperatura massima di cottura.

Additivo tipo – Glicoli (Tab. 6.33):

MEG (300-700°C): 2,1 → 8,3 mg TOC/g add

DEG (300-700°C): 0,6 → 34,6 mg TOC/g add

MPG (300-700°C): 8,8 → 40,1 mg TOC/g add

DPG (300-700°C): 4,0 → 49,2 mg TOC/g add

NPG (300-700°C): 7,5 → 88,4 mg TOC/g add

DPM (300-700°C): 12,1 → 63,9 mg TOC/g add

PEG 400 (300-700°C): 4,5 → 12,9 mg TOC/g add

PEG 4000 (300-700°C): 5,6 → 23,8 mg TOC/g add

Additivo tipo – Resine (Tab. 6.33):

PAcr-Na (300-900°C): 3,3 → 5,6 mg TOC/g add

CMC (300-900°C): 1,5 → 8,2 mg TOC/g add

DES (300-900°C): 0,5 → 13,5 mg TOC/g add

ACRM (300-900°C): 1,4 → 3,3 mg TOC/g add

PVA (300-900°C): 5,2 → 55,1 mg TOC/g add

PVAc (300-900°C): 0,3 → 15,3 mg TOC/g add

Si evidenziano i più alti incrementi nelle emissioni del TOC con l'aumento della temperatura di cottura rilevati per il DEG ed il PVAc, pari a 57 e 51 volte, rispettivamente, a quella della T° più bassa (300°C). In seguito, però in minore proporzione, la DES pari a 22 volte di aumento.

Tab. 6.53 – Valori maggiori e minori di TOC (mg_{TOC} / g_{add}) rilevati nelle emissioni degli additivi alle temperature di trattamento termico bassa ed alta.

GLICOLI	↑ TOC	300°C	DPM (12,1)	MPG (8,8)	NPG (7,5)
		700°C	NPG (88,4)	DPM (63,9)	DPG (49,2)
	↓ TOC	300°C	DEG (0,6)	MEG (2,1)	DPG (4,0)
		700°C	MEG (8,3)	PEG 400 (12,9)	PEG 4000 (23,8)
RESINE	↑ TOC	300°C	PVA (5,2)	PAcr-Na (3,3)	CMC (1,5)
		900°C	PVA (55,1)	PVAc (15,3)	DES (13,5)
	↓ TOC	300°C	PVAc (0,3)	DES (0,6)	ACRM (1,4)
		900°C	ACRM (3,3)	PAcr-Na (5,6)	CMC (8,2)

dove: ↑ TOC: maggiori valori rilevati fra gli additivi (mg_{TOC} / g_{add}).

↓ TOC: minori valori rilevati fra gli additivi (mg_{TOC} / g_{add}).

Evidenziati in giallo: più elevato valore rilevato alla temperatura di cottura alta fra gli additivi (mg_{TOC} / g_{add}).

Evidenziati in blu: più basso valore rilevato alla temperatura di cottura alta fra gli additivi (mg_{TOC} / g_{add}).

Si deve anche sottolineare che il TOC in emissione, riferito al grammo di additivo, rilevato è stato sempre minore per gli additi del tipo resine in confronto con i glicoli, con eccezione del PVA, che ha i valori più alti tanto a bassa come alla alta temperatura di prova (300°C – 5,2 mg/g; 900°C – 55,1 mg/g).

6.3.4.2. Analisi delle Aldeidi

Dall'analisi della Tab. 6.50 emergono importanti aspetti e osservazioni che hanno caratterizzato le emissioni delle Aldeidi originate dal trattamento termico di ogni additivo. I più significanti di questi risultati avendo fissa una determinata sostanza rilevata in emissione e confrontando i risultati tra gli additivi e la temperatura, sono riportati in seguito utilizzando anche una forma schematica di presentazione per facilità di accesso al dato di interesse, considerando anche la considerevole numerosità di questi.

La dove sono presenti queste rappresentazioni schematiche abbiamo fatto uso di simboli i quali significano:

↑ qtà: maggiori valori rilevati fra gli additivi, FE (mg / g_{add}).

↓ qtà: minori valori rilevati fra gli additivi, FE (mg / g_{add}).

Evidenziati in giallo: più elevato valore rilevato alla temperatura di cottura alta fra gli additivi, FE (mg / g_{add}).

Evidenziati in blu: più basso valore rilevato alla temperatura di cottura alta fra gli additivi, FE (mg / g_{add}).

↑ T° cott: fenomeno derivato con l'aumento della temperatura massima di cottura.

Formaldeide, Acetaldeide, Propionaldeide e Acroleina (alla temperatura alta) sempre presenti nelle emissioni, sia degli additivi del tipo *glicoli* sia delle *resine*.

▪ Formaldeide

Sempre quantitativi maggiori alle temperature di cotture più elevate.

Eccezione: ACRM (la più bassa emissione di formaldeide in assoluto).

↑ qtà: Glicoli (700°C) – **DPM (10,2)**; **DEG (9,4)**; PEG 400 (8,5)

Resine (900°C) – **DES (10,1)**; **PVAc (9,9)**; PVA (5,4).

Stessa ordine di grandezza tra glicoli e resine.

↓ qtà: Glicoli (700°C) – **MEG (2,3)**; DPG (2,6); NPG (3)

Resine (900°C) – **ACRM (0,05)**; CMC (1,3)

▪ Acetaldeide

FE delle Resine > FE Glicoli.

Le emissioni originate dal PVA alla bassa ed all'alta temperatura di trattamento termico sono quelle con le maggiori quantità rilevate di acetaldeide.

↑ qtà: Glicoli (700°C) – MEG (3,7); MPG (2,7)

Resine (900°C) – PVA (14,7); PAcr-Na (6,7)

↓ qtà: Glicoli (700°C) – DEG (0,4); DPM (0,5); PEG 4000 (0,6);

Resine (900°C) – ACRM (0,7); DES (3,6)

↑ T° cott: maggiori FE dell'acetaldeide (eccetto DEG e DPM).

▪ Propionaldeide

Sostanza rilevata in minori quantità che formaldeide e acetaldeide.

↑ qtà: Glicoli (700°C) – MPG (1,8); DPG (1,1)

Resine (900°C) – CMC (0,6); PVAc (0,4)

↓ qtà: Glicoli (700°C) – MEG (-); DEG (0,03); PEG 400 e 4000 (0,04)

Resine (900°C) – ACRM (0,05); DES e PVA (0,22)

▪ Acroleina

Sostanza rilevata prevalentemente alla temperatura alta di trattamento termico per tutti gli additivi, ma in ogni modo con bassi FE, essendo il valore più elevato in assoluto quello riferente all'emissione del PAcr-Na a 900°C (1,62 mg/g).

↑ qtà: Glicoli (700°C) – DPG e DEG (0,2)

Resine (900°C) – PAcr-Na (1,6); DES (0,6)

↓ qtà: Glicoli (700°C) – MEG (0,03); PEG 4000 (0,04)

Resine (900°C) – ACRM (-); PVAc e PVA (0,22)

Al di là del PAcr-Na (1,6) è stata rilevata acroleina sempre con FE < 0.6 mg /g. Per l'additivo ACRM in ambedue le temperature di prove non è stato rilevata l'acroleina.

▪ Crotonaldeide

Non è stata rilevata per MEG, MPG, DPG, NPG, DPM (tracce), PEG 400, PEG 4000, DES, ACRM.

↑ qtà: PVA - 300°C (0,4) e 900°C (0,9)

CMC - 900°C (0,3)

▪ Metacroleina

(-): MEG, DEG, MPG, PEG 400, PEG 4000, ACRM e PVAc. Quando rilevata sempre in basse quantità, minore che 0,2 mg/g.

↑ qtà: Glicoli (700°C) – NPG (0,16)

Resine (900°C) – PAcr-Na, CMC, DES (~0,12)

▪ Butirraldeide

Glicoli: **NON** rilevato in ambedue temperature. Anche non presente per ACRM.

Resine, ↑ qtà (900°C): **CMC (0,13)**, **PVA e PVAc (0,11)**

▪ Valeraldeide

Rilevata: Glicoli (700°C) – DEG (0,03); NPG (0,03); PEG 400 (0,04),
Glicoli (300°C) - DPM (0,07), DEG e PEG 400 (0,01).

Resine (900°C) – **CMC (0,4)**, PAcr-Na (0,2);

▪ Tolualdeide

Rilevato: DPM (ambedue T°, ≈ 0,04), PAcr-Na (900°C) (tracce)

▪ Aldeide insatura

Solo NPG, 300°C (0,06), 700°C (**0,98**), ↑ con la T°cott.

▪ Benzaldeide

Glicoli: NON rilevata. Idem per ACRM.

Resine, ↑ qtà: **PAcr-Na (0,25)**, **PVAc (0,22)**

↑ con la T°cott più alta.

900°C: CMC (0,13); DES (0,11); PVA (0,11)

Il grado di dissociazione più elevato alla temperatura di cottura alta, equivalente al numero di sostanze differenti rilevate in emissione (Tab. 6.50), è stato notato per PAcr-Na, CMC e PVA; i più bassi invece, per il MEG e ACRM con tre aldeidi diversi.

La Fig. 6.32 riporta la quantità complessiva di sostanze del tipo Aldeidi rilevate alle temperature di trattamento termico bassa ed alta per tutti gli additi provati. Si può notare che⁽⁷²⁾:

- A 300°C: le più alte emissioni sono relative al PVA e DPM (circa 7 mg/g), invece le più basse sono originate per le resine, in assoluto PAcr-Na, CMC, ACRM.
- Considerando la temperatura massima di cottura alta, le più elevate emissioni di aldeidi complessive sono state rilevate per le resine, PVA (21,7 mg/g), PVAc, DES e PAcr-Na (tra 14-15 mg/g). Emissione delle Aldeidi Totali per parte dei Glicoli oscilla tra 6 e 11 mg/g).
- Emissione più bassa in assoluto per ACRM.
- I processi decompositivi si incrementano con l'aumentare della temperatura massima di trattamento termico, il rapporto tra la emissione a bassa ed alta temperatura è ancora più significativo per le resine.

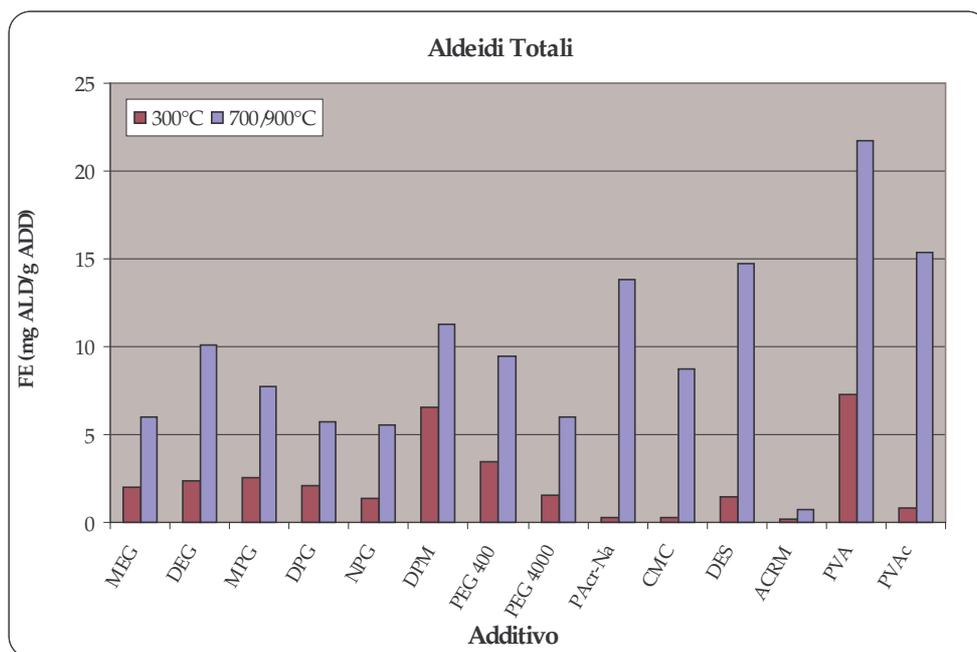


Fig. 6.32 – quantità complessiva di sostanze del tipo aldeidi rilevate nelle emissioni dei additivi alla bassa ed alta temperatura di cottura.⁽⁷²⁾

6.3.4.3. Analisi dei Glicoli

MEG-DPM : verificata (si veda anche 6.3.3) la presenza di fenomeni evaporativi (crescente con l'aumento della temperatura di cottura) e decompositivi (più accentuati per DPG, DPM, PEG 400 PEG 4000).

MEG (700°C) → glicole etilenico (292 mg/g,) + glic. dietilenico (22 mg/g)

DEG (700°C) → glicole dietilenico (35 mg/g) + dpg

MPG (700°C) → glicole monopropilenico (341 mg/g) + g. dietilenico (20 mg/g)

DPG (700°C) → glicole dipropilenico (214 mg/g) + deg (4 mg/g)

NPG (700°C) → neopentilglicole (73 mg/g,)

DPM (700°C) → etere metilico del glicole dipropilenico (69 mg/g) + derivati del DPM (94 mg/g)

PEG 4000 (700°C) → derivati del PEG (115 mg/g)

Note:

- per il DEG a 700°C sono stati rilevati *DPG + derivati* (267 mg/g) ritenuti come una "probabile contaminazione del forno", che però sono stati rilevati anche nell'emissione dello stesso additivo trattato a 500°C (vedi Tab. 6.33) con FE pari a 91 mg/g. A questo rispetto, si deve considerare anche che:
 1. le due prove del DEG sono state realizzate alla stessa giornata e consecutivamente, prima a 500° e dopo a 700°C.
 2. la cottura precedente è stata realizzata 5 giorni prima, con l'additivo DPM a 500°C per il quale in emissione non è stato rilevato dipropilen glicole (Tab.

6.33), e conforme metodica adottata, è stata realizzata operazione di pulizia dell'atmosfera forno dopo la fine della prova.

3. L'unico additivo che in emissione è stato rilevato il dipropilen glicole è appunto il DPG (fenomeni evaporativi), presente anche in tutte temperature di prova dalla bassa all'alta, che però fu oggetto di sperimentazione posteriormente alla campagna del DEG.

Pertanto, pare ragionevole ed opportuno prendere questi valori come validi, e perciò, parte integrante delle sostanze in emissione del tipo glicoli.

- PEG 400 (700°C) → glicole dietilenico (211 mg/g) + etilen glicole (17 mg/g)

La Fig. 6.33 riporta la quantità complessiva di sostanze del tipo Glicoli rilevate alle temperature di trattamento termico bassa (300°C) ed alta (700°C o 900°C) per tutti gli additi provati. Si può notare che ⁽⁷²⁾:

- Le sostanze organiche in emissione del tipo Glicoli sono esclusive appunto degli additivi tipo glicole. Non è stato rilevato questo tipo di sov nelle emissioni originate per le resine.
- La formazione di queste sostanze si intensifica considerevolmente con l'aumento della temperatura massima di trattamento termico.
- Tra gli additivi tipo glicole, i più bassi FE sono stati verificati per l'additivo NPG tanto a bassa come all'alta temperatura di prova. ⁽⁷²⁾

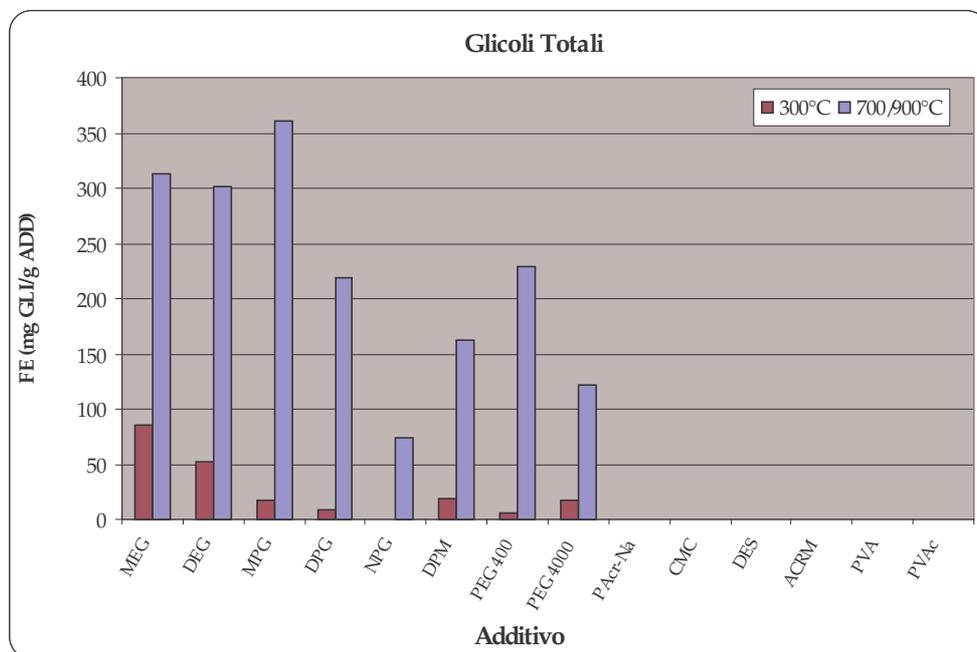


Fig. 6.33 – quantità complessiva di sostanze del tipo glicoli rilevate nelle emissioni degli additivi alla bassa ed alta temperatura di cottura. ⁽⁷²⁾

6.3.4.4. Analisi dei Composti Organici Volatili

Prendendo in considerazione la Tab. 6.52 emergono importanti aspetti e osservazioni che hanno caratterizzato le emissioni dei composti organici volatili originati dal trattamento termico di ogni additivo. I più significativi di questi risultati sono riportati in seguito utilizzando anche una forma schematica di presentazione utilizzando la stessa simbologia riportata in 6.3.4.2.

- Composti più comuni nelle emissioni:
 - 1- Acetone: rilevata in tutte le emissioni (bassa ed alta temperatura di cottura).
 - 2- 1,4 Diossano (non rilevata nelle analisi del MPG, DPG, NPG, DES, PVA, PVAc).
 - 3- Acido acetico: molto comune alle emissioni generate ad alta temperatura di trattamento. Non rilevato in ambedue temperature soltanto per NPG. A 300°C non rilevato solo per MEG, MPG, DPG, PAcr-Na, CMC.
 - 4- 1,3 Diossolano, 2 Metil 1,3 diossolano e derivati del diossano e diossolano, sostanze comuni alle emissioni degli additivi del tipo glicole (non rilevate per le resine).

- Da evidenziare la presenza nelle emissioni di:
 - Toluene: 300°C e 900°C, PAcr-Na, PVAc
300°C, ACRM
 - Benzene: PAcr-Na, PVAc - 900°C
PVA, 300°C e 900°C.

- Analisi di ogni singola sostanza cov rilevata:

Acetone

Rilevata nelle emissioni di tutti gli additivi ed in ambedue temperature di trattamento termico, bassa ed alta.

FE direttamente proporzionale alla temperatura massima di cottura.

Qtà più importanti (FE, mg/g) per: NPG - 700°C (13,5); PVA - 900°C (11)

FE - T°max:

1-5 mg/g: MPG, DPG, DPM, CMC.

0-1 mg/g: MEG, DPM, PEG 400, PEG 4000, PAcr-Na, DES, ACRM, PVAc.

più bassi: MEG (0,09); PEG 4000 (0,13); PEG 400 (0,23)

1,4 Diossano

FE aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura (per gli additivi dove è stato rilevato).

NON rilevato alla bassa ed alta temperatura: MPG, DPG, NPG, DES, PVA, PVAc.

Maggiori FE (mg/g): **DEG – 700°C (8,4)**; PEG 400 – 700°C (4,3).

Non rilevato appena alla T° cottura bassa (300°C): MEG, PAcr-Na, CMC.

1,3 Diossolano

Rilevato (alla bassa ed alta temperatura): MEG, DEG, DPG, PEG 400, PEG 4000.

FE aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura (eccetto PEG 4000 - praticamente costante)

Maggiori FE (mg/g): **PEG 400 (3,9)**; MEG (1,7)

NON rilevato: MPG, NPG, DPM e tutte le Resine.

PEG 400: valori più elevati tanto a bassa come all'alta temperatura di trattamento.

2 Metil 1,3 Diossolano

Rilevato soltanto per: MEG, DEG, PEG 400, PEG 4000.

MEG: l'unico caso dove il FE decresce con $\uparrow T^\circ$ cottura.

Sempre FE < 0,5 mg/g.

NON rilevato: MPG, DPG, NPG, DPM e tutte le Resine.

Acido Acetico

Sostanza abbastanza comune in tutte le emissioni.

NON rilevato in ambedue le temperature: NPG.

FE aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura (eccetto ACRM).

Maggiori FE (mg/g) in assoluto (e crescite più evidenziate tra bassa ed alta temperatura):

a. **PVA** (1,1→**20,4**)

b. **PVAc** (0,3→**17**)

Altri composti ossigenati

Rilevati soltanto per il DEG (1,2) e PEG 400 (2) di cui il FE aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura.

Derivati Diossano/ Diossolano

Rilevati: MPG (circa costante con $\uparrow T^\circ$ cottura: 6,5→5)

DPG (aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura: 4,9→**21**)

NPG (aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura: 5,1→**21,4**)

DPM (diminuisce con $\uparrow T^\circ$ cottura: 12,6→6)

PEG 4000 (aumenta con $\uparrow T^\circ$ cottura: 10→**19**)

NON rilevati: MEG, DEG e tutte le Resine.

Il PEG 400 in trattamento termico alle temperature bassa ed alta ha originato delle sostanze in emissione rilevate nella analisi COV (metodo in 5.3.4) ed individuate come “derivati del diossano e diossolano più derivati del PEG 400”. Questo dato “associato” appena per il PEG 400 ha derivato valori abbastanza elevati in confronto agli altri additivi (circa 15 volte superiore) sempre riferenti alla voce “derivati diossano e diossolano”.

Derivati del PEG400 + derivati del Diossano/ Diossolano

Rilevati: PEG 400 (rilevanti quantità).

FE (mg/g) aumenta con \uparrow T° cottura (88,4 \rightarrow 310).

4 Metil 1,3 Diossolano

Rilevato: MPG e DPG alle due temperature (massimo 2,5 mg/g per MPG a 700°C)

1 Metossi 2 Propanolo

Rilevato soltanto per il DPM (700°C: 0,7).

2 Metossi 1 Propanolo

Rilevato soltanto per il DPM (700°C: 1,1).

Metil Acetato

Rilevato soltanto per il DPM a 700°C (0,15).

Metil Formiato

Rilevato: PEG 400, PEG 4000 (700°C: 0,6 mg/g).

FE cambia poco con la T° cottura.

Toluene

Rilevato: PAcr-Na (diminuisce con \uparrow T° cottura): 0,15-0,06 mg/g (300-900°C)

ACRM (diminuisce con \uparrow T° cottura): 0,2-0 mg/g

PVAc (aumenta con \uparrow T° cottura): 0,17-0,55 mg/g

Benzene

Rilevato: PAcr-Na (300 - 900°C): 0-0,25 mg/g (\uparrow con T° cottura).

PVA (300 - 900°C): 0,2-0,55 (\uparrow T° cottura).

PVAc (300 - 900°C): 0 - 0,9 (\uparrow T° cottura).

Metil Vinil Chetone

Rilevato: NPG (700°C): 0,98 mg/g

PAcr-Na (900°C): 0,31 mg/g

Furano

Rilevato: CMC (900°C): 0,64 mg/g
DES(900°C): 0,56 mg/g
PVA (300, 900°C): 0,2-0,55 mg/g

Acrlonitrile

Rilevato: ACRM (300 e 900°C): 0,2 e 0,27 mg/g

2,2 Dimetil 1,3 Diossolano

Rilevato: DPG (300, 700°C): 0,06-0,14 mg/g

Metil Etil Chetone

Rilevato: NPG (300, 700°C): 0,07-2,3 mg/g

La Fig. 6.34 riporta la quantità complessiva di sostanze del tipo COV rilevate alle temperature di trattamento termico bassa (300°C) ed alta (700°C o 900°C) per tutti gli additi provati. Si può notare che ⁽⁷²⁾:

- I COV rilevati in emissione sono direttamente proporzionali alla temperatura massima di cottura: i processi di formazione sono stati potenziati con la temperatura di trattamento alta.
- Il PEG 400, per le ragioni discusse precedentemente, ha originato i più elevati FE rilevati nelle emissioni degli additivi.
- Le resine PAcr-Na, CMC, DES e ACRM hanno risultato i valori FE più bassi in generale, tanto a bassa quanto all'alta temperatura, così come il MEG. Tra le resine il PVA e PVAc quando sperimentati a 900°C sono stati rilevati valori FE relativamente elevati, rispettivamente 32,5 e 19 mg/g.
- Valori FE bassi (circa 1 mg/g) dei COV totali, in ambedue temperature, è stato rilevato per ACRM.

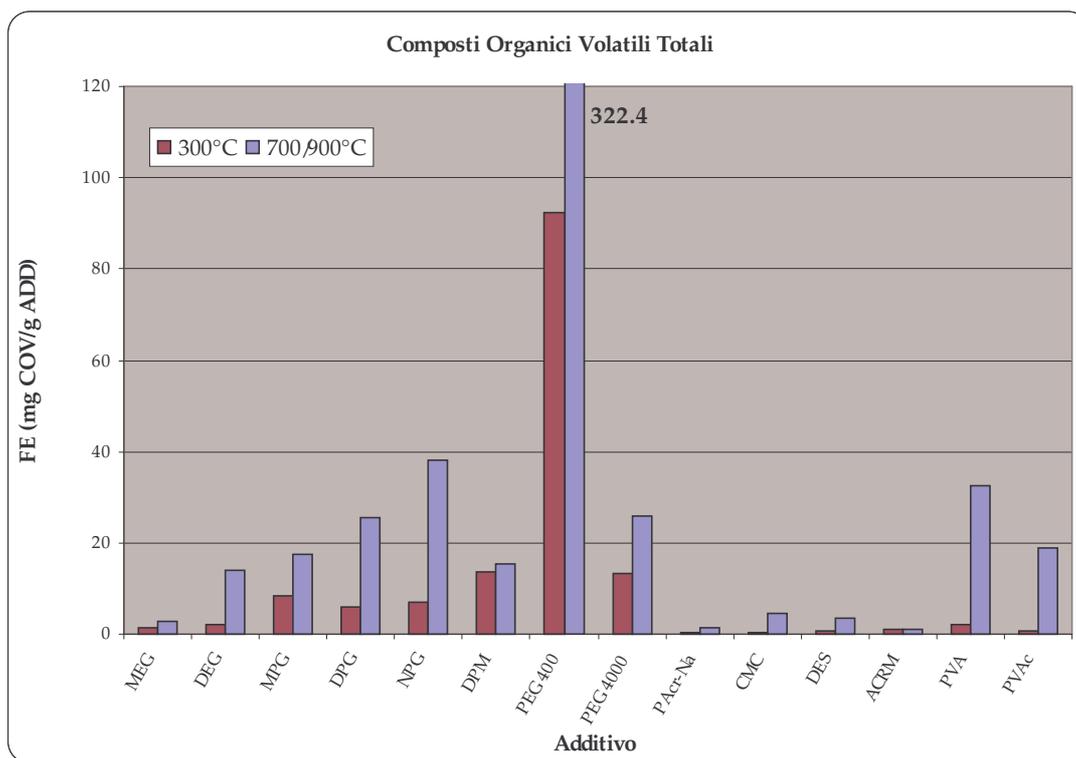


Fig. 6.34 – quantità complessiva di sostanze del tipo composti organici volatili rilevate nelle emissioni degli additivi alla bassa ed alta temperatura di cottura. Nota: PEG 400 (900°C) = 322,4 mg/g. ⁽⁷²⁾

6.3.5. Prove industriali: influenza della depurazione.

Tab. 6.54 – Prova industriale A: emissione a monte del depuratore a confronto con emissione a valle.

Composti rilevati	FE (mg /g)		
	Prima dep.	valutazione	Dopo dep.
TOC	59.9	>	17.8
ALDEIDI			
Formaldeide	0.3	<	2.8
Acetaldeide	11.7	<	19.9
Propionaldeide	0.9	~	1.4
Acroleina	2.5	~	2.1
Crotonaldeide	0.3	~	0.4
Metacroleina	0.3	~	-
Butirraldeide	0.3	~	0.4
GLICOLI			
Dietilen glicole	20.5	>	-
Analisi COV			
Acetone	15.8	~	14.9
1,4 diossano	1.6*	~	2.8
1,3 diossolano	1.6*	~	1.8*
2 metil 1,3 diossolano	-	<	1.8*
Acido acetico	1.6*	<	10
Deriv. Diossano/ diossolano ed altri comp. ossigenati	6.9	>	3.6
Toluene	-	<	1.8*
Benzene	1.6*	~	1.8*

(*) composti rilevati in concentrazione < 0.5 mg/Nm³.

Per quanto concerne la prova industriale svolta alla Ceramica A (Tab. 6.54) – grès porcellanato smaltato, si osserva quanto segue:

A) Diversi FE

- FE valle > FE monte:
 - Formaldeide

- Acetaldeide
- Acido acetico
- 2 metil 1,3 diossolano
- Toluene

- $FE_{valle} < FE_{monte}$:
 - TOC
 - Dietile glicole
 - Derivati diossolano/diossano ed altri composti ossigenati

B) FE valutati come **inalterati** tra le emissioni prelevate prima del depuratore e dopo depuratore.:

- Propionaldeide
- Acroleina
- Crotonaldeide
- Metacroleina
- Butirraldeide
- Acetone
- 1,4 Diossano
- 1,3 Diossolano
- Benzene

C) Composti quantitativamente più importanti rilevati nelle emissioni prima e dopo la depurazione (FE):

- Acetaldeide (11.7-19.9 mg/g)
- Dietilen glicole (20.5-0) – solo rilevato prima del depuratore.
- Acetone (15.8-14.9 mg/g)
- Acido acetico (1.6-10 mg/g)
- Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (6.9-3.6 mg/g)
- Formaldeide (0,3 – 2,8 mg/g)
- Acroleina (2.5-2.1)

Per quanto riguarda la prova industriale **B** (Tab. 6.55) – monoporosa, si osserva quanto segue:

A) **Diversi FE**

- $FE_{valle} > FE_{monte}$:
 - 1,4 diossano
 - Acido acetico
 - Etanolo

- $FE_{\text{valle}} < FE_{\text{monte}}$:
 - Derivati diossolano/diossano ed altri composti ossigenati

B) FE valutati come **inalterati** tra le misure prima dep e dopo dep.:

- TOC
- Formaldeide
- Acetaldeide
- Propionaldeide
- Acroleina
- Crotonaldeide
- Butirraldeide
- Dietilenglicole
- Acetone
- Toluene
- Benzene

C) Composti quantitativamente più importanti rilevati nelle emissioni prima e dopo la depurazione (FE, mg/g):

- Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (20.5-13.4 mg/g)
- Acetone (15.2-16.1 mg/g)
- Acido acetico (5.6-16.1 mg/g)
- Acetaldeide (11.6-9.2 mg/g)
- Etanolo (0-9.1 mg/g) – solo dopo il depuratore.
- Formaldeide (2.8-4.1 mg/g)
- 1,4 Diossano (0.5-4.5 mg/g)
- Dietilen glicole (3.5-2.1 mg/g)
- Acroleina (2.5-2.1 mg/g)

Prendendo in considerazione quanto risultato e discusso precedentemente in ambedue le prove industriali, si può concludere che in generale, pur con scostamenti non trascurabili, esiste una corrispondenza sia fra emissione a monte ed emissione a valle del depuratore, sia fra i risultati – qualità delle emissioni non depurate, come FE di SOV.

Questi scostamenti potrebbero essere ricondotti:

- a) alle diverse condizioni delle emissioni messe a confronto (temperatura, umidità, eventuali diluizione al filtro, ecc.)
- b) all'effetto che i reagenti introdotti per l'abbattimento degli inquinanti tipici della cottura di piastrelle ceramiche, in particolare HF per il quale è utilizzata calce idrata, hanno sui composti organici, potendone

adsorbire/desorbire quantitativi variabili in funzione del loro stato di saturazione, della temperatura di lavoro, del grado di umidità, ecc.).

- c) la collocazione logistica del punto di prelievo e dei dispositivi da utilizzare: campionamenti eseguiti con lunghe tubazioni in teflon (quando, per ragioni operative o di sicurezza, non è possibile collocare le attrezzature di prelievo nelle immediate vicinanze del punto di prelievo) sono fonte aggiuntiva di incertezza.

Tab. 6.55 – Prova industriale **B**: emissione a monte del depuratore a confronto con emissione a valle.

Composti rilevati	FE (mg/ g)		
	<i>Prima dep.</i>	valutazione	<i>Dopo dep.</i>
TOC	50.1	~	46.1
ALDEIDI			
Formaldeide	2.8	~	4.1
Acetaldeide	11.6	~	9.2
Propionaldeide	0.6	~	1.0
Acroleina	0.4	~	0.5
Crotonaldeide	0.1	~	0.1
Butirraldeide	-	~	0.1
GLICOLI			
Dietilen glicole	3.5	~	2.1
Analisi COV			
Acetone	15.2	~	16.1
1,4 diossano	0.5*	<	4.5
1,3 diossolano	-	~	0.5*
Acido acetico	5.6	<	16.1
Deriv. Diossano/diossolano ed altri comp. ossigenati	20.5	>	13.4
Toluene	0.5*	~	0.5*
Benzene	0.5*	~	0.5*
Etanolo	-	<	9.1
Nitrometano	-	~	0.5*
Metil etil chetone	0.5*	~	-

(*) composti rilevati in concentrazione < 0.5 mg/Nm³.

Comunque, in linee generali, esiste una corrispondenza, fra emissione a MONTE ed emissione a VALLE del depuratore, conseguentemente si conclude che il filtro a maniche con prerivestimento (MPR) è la Migliore Tecnologia Disponibile (*BAT – Best Available Technology*) per gli inquinanti classici dell'industria ceramica (Fluoro, Piombo e Polveri) però è *inefficace* per le SOV, affermazione anche confermata per il fatto che per quasi tutte le sostanze rilevate il FE dopo la depurazione è risultato simile, o addirittura maggiore, che il fattore de emissione prima della depurazione.

6.3.6. Relazioni fra i risultati delle prove industriali e di laboratorio su prodotto industriale

In questa sezione sono messe a confronto le emissioni di SOV dal forno industriale (prelevata prima della depurazione) e dal trattamento termico eseguito in forno laboratorio a 900°C per il prodotto industriale in esame, specificamente prova industriale A/prova laboratorio prodotto A e prova industriale B/prova laboratorio prodotto B. Tutti questi dati sono ripresi dalle basi riportate nei precedenti paragrafi 6.2 (prove su forno industriale) e 6.1.2.2 (prove quantitative in forno da laboratorio dei prodotti industriali).

L'emissione *a monte* del depuratore è associata al prodotto in cottura ed alla sua composizione e per questa ragione è appropriata al confronto con i risultati ottenuti in forno da laboratorio, dove si è sottomesso a trattamento termico i provini estratti delle piastrelle industriali prelevate prima della cottura. Si rileva che la medesima procedura delle prove degli additivi in laboratorio è stata adottata per i provini prodotti industrialmente.

Nella Tab. 6.56 vengono confrontati i fattori di emissione riferenti alla prova industriale A (prelievo a monte del depuratore) con quelli corrispondenti al trattamento termico a 900°C in forno da laboratorio dello stesso prodotto - del tipo grès porcellanato smaltato, prelevato prima dell'entrata al forno industriale.

La Fig. 6.35 illustra graficamente le SOV ed rispettivi fattori di emissione (FE) rilevati nelle emissioni industriale (prima della depurazione) e da laboratorio. Dalla analisi della Tab. 6.56 e Fig. 6.35 aspetti rilevanti possono essere evidenziati:

A) I risultati sono qualitativamente equivalenti. L'unica differenza osservata è che nella prova eseguita in laboratorio sono stati rilevati i composti: 2 metil 1,3 diossolano; metil acetato e furano in piccole quantità, ma comunque non presenti nelle emissioni del forno industriale.

B) Quantitativamente possono essere considerate simili (Fig 6.35), presentando anche qualche corrispondenza in linee generali, come TOC, acetaldeide e dietilenglicole.

C) Confrontando i composti organici quantitativamente più rilevanti nelle due emissioni – Tab. 6.57 (FE – mg/g):

- Acetone importante solo nell'emissione industriale;
- 1,4 Diossano importante FE solo nella prova laboratorio;
- Si trova corrispondenza tra gli elementi quantitativamente importanti nella prova industriale e la prova eseguita in laboratorio per tutti gli

altri composti: dietilen glicole, acetaldeide e derivati del diossano/diossolano.

Tab. 6.56 – SOV rilevate nelle emissioni - risultati della prova industriale A con i risultati della prova di laboratorio con il medesimo prodotto.

Composti rilevati	FE (mg/g)	
	Prova industriale A prima depuratore	Prova Laboratorio prodotto A - 900°C
TOC	59.9	46.7
ALDEIDI		
Formaldeide	0.3	4.4
Acetaldeide	11.7	11.3
Propionaldeide	0.9	0.3
Acroleina	2.5	0.4
Crotonaldeide	0.3	0.07
Metacroleina	0.3	-
Butirraldeide	0.3	0.07
GLICOLI		
Dietilen glicole	20.5	25.9
Analisi COV		
Acetone	15.8	1.8
1,4 diossano	1.6	16.9
1,3 diossolano	1.6	0.4*
2 metil 1,3 diossolano	-	0.4*
Acido acetico	1.6	0.6
Deriv. Diossano/ diossolano ed altri comp. ossigenati	6.9	15.2
Toluene	-	0.1
Benzene	1.6	0.4*
Metil acetato	-	1.9
Furano	-	0.4*

(*) composti rilevati in concentrazione < 0.5 mg/Nm³.

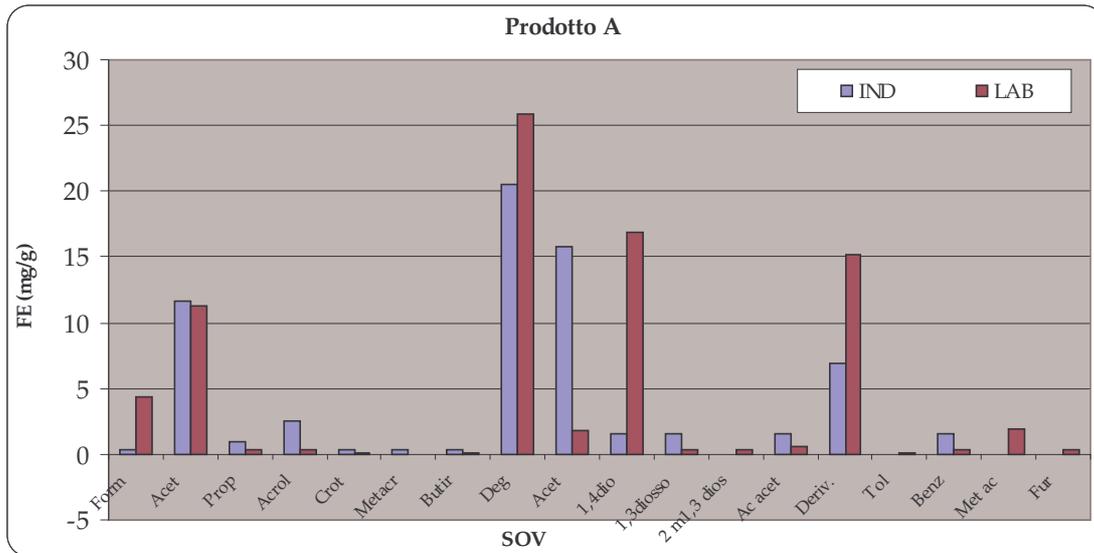


Fig. 6.35 – Emissioni di SOV originate dal prodotto A in forno industriale e da laboratorio.

Tab. 6.57 – SOV quantitativamente più rilevanti alle prove del prodotto A.

Prova Industriale A prima depuratore	Prova Laboratorio A prodotto A - 900°C
Dietilen glicole (20.5 mg/g)	Dietilen glicole (25.9 mg/g)
Acetone (15.8 mg/g)	1,4 Diossano (16.9 mg/g)
Acetaldeide (11.7 mg/g)	Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (15.2 mg/g)
Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (6.9 mg/g)	Acetaldeide (11.3 mg/g)

Nella Tab. 6.58 vengono confrontati i fattori di emissione riferenti alla prova industriale B (prelievo a monte del depuratore) con quelli corrispondenti al trattamento termico a 900°C in forno da laboratorio dello stesso prodotto - del tipo monoporosa, prelevato prima dell'entrata al forno industriale.

La Fig. 6.36 illustra graficamente le SOV ed rispettivi fattori di emissione (FE) rilevati nelle emissioni industriale (prima della depurazione) e da laboratorio. Dalla analisi della Tab. 6.58 e Fig. 6.36 aspetti di particolare importanza possono essere evidenziati:

A) Qualitativamente le prove sono simili, si può notare il “riflesso” dei composti rilevati in laboratorio nell'emissione industriale, però ci sono anche delle differenze:

1) SOV rilevati nella emissione industriale e non al laboratorio:

- Toluene (0.5 mg/g)
- Metil etil chetone (0.5 mg/g)

- 2) SOV rilevati in laboratorio e non nella emissione industriale:
- 2 metil 1,3 diossolano (0.17 mg/g)
 - 1,3 diossolano (0.12 mg/g)

Tab. 6.58 – Risultati della prova industriale B con i risultati della prova di laboratorio con il medesimo prodotto.

Composti rilevati	FE (mg / g)	
	Prova industriale B prima depuratore	Prova Laboratorio prodotto B - 900°C
TOC	50.1	15.7
ALDEIDI		
Formaldeide	2.8	2.1
Acetaldeide	11.6	2.8
Propionaldeide	0.6	0.3
Acroleina	0.4	0.07
Crotonaldeide	0.1	0.02
GLICOLI		
Dietilen glicole	3.5	19.9
COV		
Acetone	15.2	0.9
1,4 diossano	0.5*	4.5
1,3 diossolano	-	0.12*
Acido acetico	5.6	0.5
Deriv. Diossano/ diossolano ed altri comp. ossigenati	20.5	2.4
Toluene	0.5*	-
Benzene	0.5*	0.12*
Metil etil chetone	0.5*	-
2 metil 1,3 diossolano	-	0.17

(*) composti rilevati in concentrazione < 0.5 mg/Nm³.

B) Quantitativamente tutti FE “laboratorio” (Fig. 6.36) sono abbastanza inferiori ai FE industriali, eccetto per il dietilen glicole per il quale è stato rilevato il più alto FE dell’emissione da laboratorio (19.9 mg/g), che potrebbe essere spiegato per una minore decomposizione di questo composto nella cottura eseguita nel forno da laboratorio, inversamente osservato in ambiente industriale dove la decomposizione è più elevata e il FE del dietilen glicole è molto inferiore.

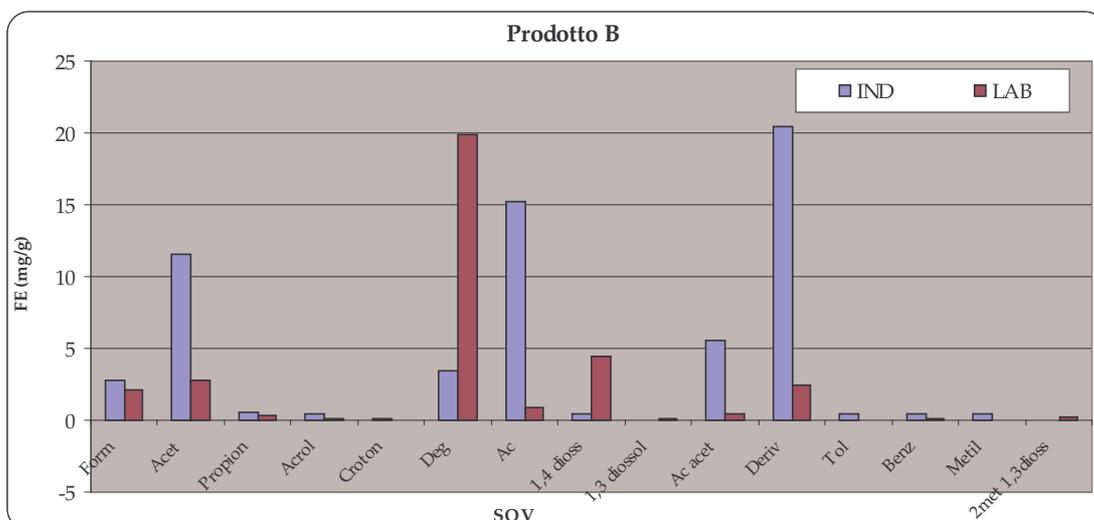


Fig. 6.36 – Emissioni di SOV del prodotto B del forno industriale e da laboratorio.

C) Confrontando i composti quantitativamente più importanti rilevati nelle emissioni - Tab. 6.59 (FE – mg/g):

- Acido acetico importante solo nell'emissione industriale;
- 1,4 diossano invece, importante solo nell'emissione da laboratorio.
- Si trova corrispondenza tra tutti gli elementi quantitativamente importanti: derivati del diossano/diossolano, acetone, acetaldeide, dietilen glicole, e formaldeide.

Tab. 6.59 – SOV quantitativamente più rilevanti alle prove del prodotto B.

Prova Industriale B prima depuratore	Prova Laboratorio B prodotto B – 900°C
Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (20.5 mg/g)	Dietilen glicole (19.9 mg/g)
Acetone (15.2 mg/g)	1,4 Diossano (7.5 mg/g)
Acetaldeide (11.6 mg/g)	Acetaldeide (2.8 mg/g)
Acido acetico (5.6 mg/g)	Derivati diossano/diossolano ed altri composti ossigenati (2.4 mg/g)
Dietilen glicole (3.5 mg/g)	Formaldeide (2.1 mg/g)
Formaldeide (2.8 mg/g)	Acetone (0.9 mg/g)

Nell'interpretazione dei dati ottenuti, ben come per capire le differenze riscontrate, è bene tenere presente che le condizioni in cui vengono eseguiti i prelievi sono considerevolmente diverse dal forno ceramico al forno di laboratorio, incidendo in modo fondamentale nella efficacia dei campionamenti. Elevate temperature ed elevate umidità, quali quelle riscontrabili nei forni ceramici, impongono di adottare accorgimenti

e precauzioni (raffreddamento della emissione, separazione della condensa, ecc.) che non sono necessarie per le prove condotte sul forno da laboratorio. I dispositivi per il raffreddamento e la raccolta della condensa, collocati tra il punto di prelievo ed i materiali di campionamento, influiscono sulla efficacia del campionamento stesso, introducendo un fattore di incertezza in più rispetto alle prove in laboratorio. Nonostante anche la condensa venga analizzata, il frazionamento dei vari composti organici volatili in più parti (condensa e fiale di campionamento) ed il diverso approccio analitico richiesto dai campioni così ottenuti, porta alla possibilità di avere risultati non sempre soddisfacenti.

Inoltre è da considerare anche le caratteristiche del materiale - le piastrelle industriali da cui sono stati ricavati i provini per le prove di laboratorio hanno “visto” intercorrere un tempo decisamente più lungo, trascorso in condizioni diverse, fra il momento dell'applicazione dello smalto con il mix di additivi organici sulla linea di decorazione industriale ed il momento del trattamento termico al forno da laboratorio.

Infine, e non meno importante, il fatto che l'emissione SOV al forno industriale viene miscelata con i prodotti della combustione del gas naturale che alimenta i bruciatori, essendo pertanto condizionata da questa diluizione e delle eventuali interazioni fra loro, che non occorre invece al forno da laboratorio con riscaldamento elettrico.

Anche l'incertezza delle misure (associata, come in precedenza commentato, più alla conduzione della prova di cottura ed al controllo delle condizioni operative che non alla sola incertezza strumentale).

In ogni modo la relazione fra le emissioni SOV al forno industriale e al forno da laboratorio sul medesimo prodotto composto da una miscela di additivi organici, si hanno dimostrato sostanzialmente soddisfacente, anche se alcune disuguaglianze meriterebbero, per essere più sicuramente interpretate, ulteriori sperimentazioni.

Comunque, il risultato importante è che una **prova su scala di laboratorio, dimensionata e condotta come descritto nel § 5.1.2**, su provini trattati con una miscela industriale di additivi organici può fornire indicazioni qualitative/semiquantitative su natura e flusso specifico di SOV emesse da un forno industriale: indicazioni certamente limitate per prevedere i flussi industriali di massa di SOV, ma altrettanto certamente utili come orientamento nell'identificazione degli aspetti compositivi dell'emissione maggiormente rilevanti rispetto ai rischi associati alle SOV.

6.3.7. Andamento del Carbonio Organico Totale per i diversi additivi

Il Carbonio Organico Totale (TOC) nell'emissione gassosa può essere riguardato come un indicatore della *emissione totale di SOV* (delle quali, come documentato nelle sezioni precedenti, si è tracciato un quadro molto dettagliato).

Focalizzeremo anche qui, come in 6.3.3 e 6.3.4, la nostra attenzione sui fattori di emissione (FE) di TOC – con i dati rilevati dall'analisi eseguita con campionamento statico (Tab. 6.33 e 6.39), espressi in mg/g e riferiti all'unità di massa (g) di additivo in ingresso. Anche in questo caso, per i prodotti industriali A e B, il flusso di massa di additivo in ingresso, necessario per calcolare il fattore di emissione in esame, è stato calcolato sulla base delle informazioni sulla scheda di fabbricazione del prodotto (Tab. 4.7 e 4.9), fornite dal personale aziendale.

Si ribadisce la motivazione alla base dell'impiego del fattore di emissione di inquinanti (SOV, TOC, etc), come parametro adeguato per effettuare confronti delle emissioni gassose, fra i diversi additivi e le diverse temperature di cottura. Le concentrazioni rappresentano un risultato fondamentale nel processo di caratterizzazione dell'emissione gassosa e di calcolo dei citati fattori di emissione, ma non costituiscono una corretta base di confronto e di valutazione di diversi materiali e tecniche.

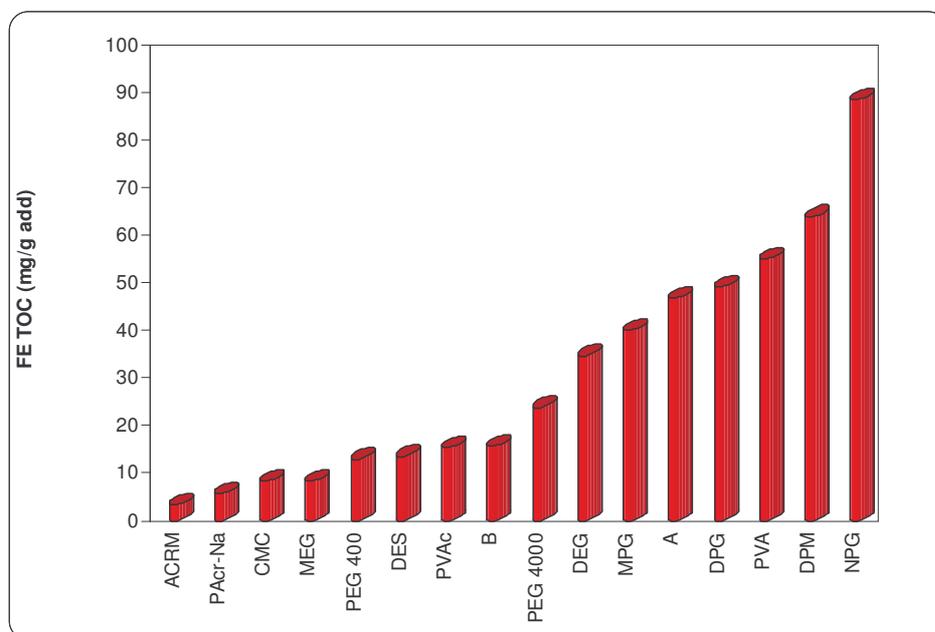


Fig. 6.37 – FE-TOC (mg/g) rilevato per i diversi additivi alla temperatura alta di trattamento termico.

La Fig. 6.37 riporta il fattore di emissione del TOC per tutti gli additivi e i due prodotti industriali A e B rilevati nelle emissioni risultanti dal trattamento termico effettuato nel forno a rulli da laboratorio ad alta temperatura.

Dai dati di FE-TOC riportati nelle Tab. 6.33 e 6.34 è possibile ricalcolare i fattori di emissione di TOC, e riferirli all'unità di massa di C in ingresso. Per gli additivi il calcolo viene effettuato utilizzando, come fattore di conversione, il contenuto di C degli additivi rilevato dall'analisi elementare (vedi Tab. 4.3), convertibile in [g C/g additivo].

Per entrambe le due miscele industriali A e B, si è fatto ricorso alle schede di fabbricazione per ricavare le quantità e gli additivi presenti per ogni formulazione, ed incrociando con i dati dell'analisi elementare di ognuno di questi, si è calcolata l'unità di massa di Carbonio in ingresso per i prodotti A e B, rispettivamente 0,396 g_C/g_{MIX} e 0,444 g_C/g_{MIX}.

La Tab. 6.60 riporta il quadro ricavato, l'attenzione qui è stata focalizzata sul confronto tra i prodotti ad alta temperatura di trattamento termico (il ruolo della temperatura è stato discusso precedentemente in 6.3.4.1):

Tab. 6.60 – FE - TOC riferito alle masse di additivo e di carbonio in ingresso.

Prodotto (700-900°C)	TOC- FE camp. statico (mg TOC/g add)	Analisi Elementare			TOC- FE mg TOC/g C
		mgC/g _{add}	gC/g _{add}	%	
MEG	8.3	378.2	0.3782	37.82	21.9
DEG	34.6	426.5	0.4265	42.65	81.2
MPG	40.1	441.9	0.4419	44.19	90.7
DPG	49.2	503.0	0.503	50.3	97.8
NPG	88.4	581.9	0.5819	58.19	151.9
DPM	63.9	562.4	0.5624	56.24	113.6
PEG 400	12.9	511.4	0.5114	51.14	25.2
PEG 4000	23.8	538.1	0.5381	53.81	44.1
PAcr-Na	5.6	355.4	0.3554	35.54	15.7
CMC	8.2	397.5	0.3975	39.75	20.7
DES	13.5	404.8	0.4048	40.48	33.3
ACRM	3.3	480.7	0.4807	48.07	6.8
PVA	55.1	526.1	0.5261	52.61	104.7
PVAc	15.3	537.2	0.5372	53.72	28.5
A lab	46.7	396.1	0.3961	39.61	117.9
B lab	15.7	444.0	0.4440	44.40	35.4

La Tab. 6.61 e la Fig. 6.38 in seguito, riportano in ordine crescente la quantità di carbonio organico in emissione (TOC) in rapporto al Carbonio in ingresso contenuto in ogni additivo o miscela industriale. Come si vede,

per gli additivi esaminati l'emissione di TOC varia da circa 7 a 150 mg_{TOC}/g C.

Questi dati mostrano che l'emissione totale di SOV, espressa in termini di TOC, carbonio organico totale, corrisponde, in generale, a meno del 15 % del carbonio in ingresso. Di conseguenza, sembra di dovere ammettere che, delle sostanze/composti organici in ingresso (espressi anch'essi in termini di TOC), più del 85 % viene combusto, completamente o non completamente, mentre solo la parte restante – meno del 15 % - è rilasciata attraverso l'emissione gassosa come SOV.

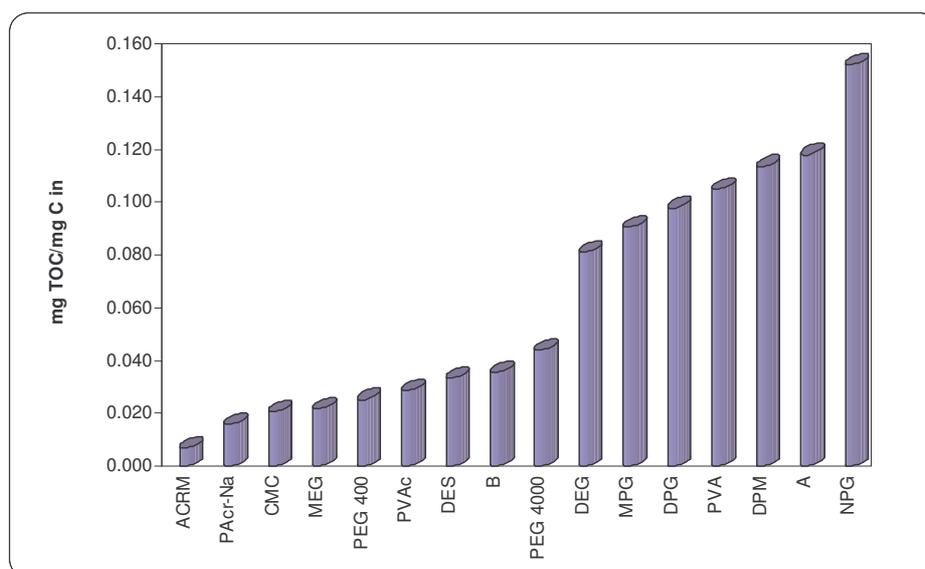


Fig. 6.38 – FE per il TOC riferito al grammo di Carbonio in ingresso.

Tab. 6.61 – Rapporto TOC in emissione riferito al Carbonio in ingresso.

Prodotto	FE (mg TOC/mg C in)
ACRM	0.007
PAcr-Na	0.016
CMC	0.021
MEG	0.022
PEG 400	0.025
PVAc	0.029
DES	0.033
B	0.035
PEG 4000	0.044
DEG	0.081
MPG	0.091
DPG	0.098
PVA	0.105
DPM	0.114
A	0.118
NPG	0.152

A partire dalla Tab. 6.61 si può anche paragonare il comportamento decompositivo-ossidativo fra i vari additivi e prodotti industriali quando trattati ad alta temperatura. In ordine crescente di formazione di sov in emissione oppure, decrescente di decomposizione del carbonio in ingresso, si riportano i composti sperimentati in forno da laboratorio. Si nota che il NPG è l'additivo per cui si è rilevato il minore percentuale di combustione completa o non del carbonio in ingresso, pari a 85%. D'altra parte, l'ACRM ha derivato in emissione la minore quantità di carbonio organico in riferimento al carbonio contenuto nel composto, ossidando praticamente il 99% dello stesso.

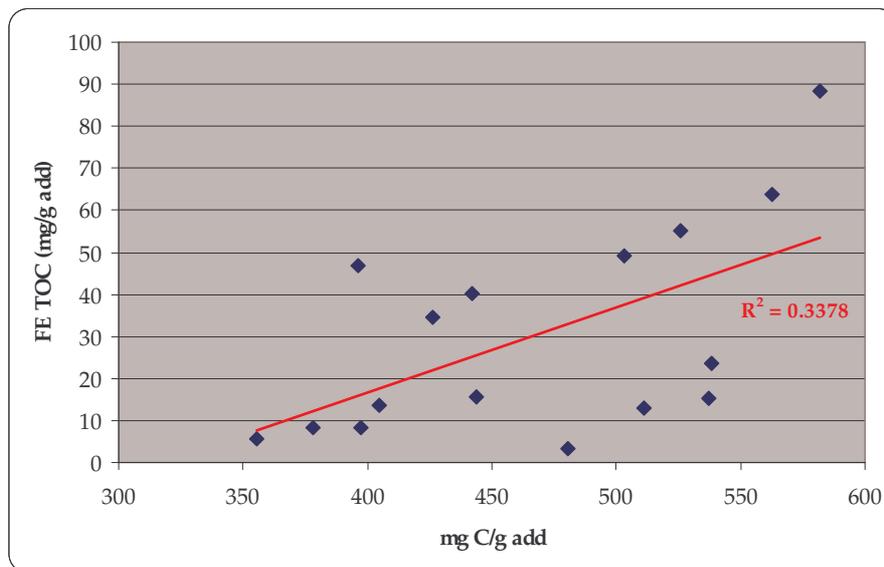


Fig. 6.39 – TOC e contenuto di carbonio dei prodotti.

Il fattore di emissione del carbonio organico totale (FE-TOC) rilevato dipende anche della quantità di Carbonio presente nell'additivo ma non soltanto di questo aspetto, come evidenzia la Fig 6.39. Infatti, la correlazione tra questi parametri esiste però è relativamente bassa come si nota dal valore di R^2 . Come noto, l'effetto della temperatura sulla evaporazione o decomposizione dei composti organici, il cui è riconducibile alla presenza di sostanze organiche nel condotto di emissione, dipende anche da altre caratteristiche al di là del rapporto di carbonio contenuto su questi: ad esempio, la struttura della molecola ed il peso molecolare.

Nota:

Caratteristiche della serie di dati sopra riportata:

media: 61,8 mg C/g C

deviazione standard: 44,0 mg C/g C (71 %)

6.3.8. Determinazione del Carbonio Organico Totale nelle emissioni: confronto dei risultati ottenuti con i diversi metodi di campionamento.

In questo paragrafo vengono posti a confronto – valutando comparativamente i risultati dove le misure sono state effettuate in contemporanea sulla medesima emissione – i due metodi utilizzati, nell’ambito dell’attività oggetto di questa ricerca, per il prelievo e l’analisi dell’emissione di COV (composti organici volatili) espressa con riferimento al carbonio organico totale - TOC (mg_C/Nm^3). Tali metodi sono dettagliatamente descritti nel § 5.3.1, comunque vengono sotto evidenziate le principali differenze tra loro:

- **Metodo campionamento statico** (UNI EN 13526:2002 modificato): utilizzato dall’ARPA - prelievo del campione in sacca di materiale inerte (nel presente caso viene eseguito durante i 10-15 minuti finali della prova; analisi posteriore in laboratorio (gascromatografo FID). In assenza di fenomeni di condensa all’interno delle sacche, è considerata una efficienza di campionamento pari a 100%. L’incertezza estesa complessiva del metodo è stimata attorno al 5% del valore misurato, in assenza di fenomeni di condensa.
- **Metodo campionamento dinamico** (UNI EN 13526:2002): utilizzato dal Centro Ceramico Bologna - il campione da analizzare viene trasferito direttamente al rivelatore (gascromatografo FID). Risultato dato per la media dei valori durante tutta la prova (nel caso 30 min). Efficienza di campionamento pari a 100% (lettura diretta), incertezza estesa complessiva del metodo pari a 5% del valore misurato.

Si sottolinea la relazione diretta fra l’efficacia del campionamento della emissione gassosa (la quale dipende dell’eventualità di condense all’interno delle sacche di raccolta) ed il conseguente errore di misura del metodo a campionamento statico. La metodologia sperimentale applicata nella sperimentazione considera appena la seconda metà della prova di trattamento termico per eseguire il campionamento, conseguentemente soggetto alle oscillazioni del TOC che sono state rilevate attraverso l’analisi FID simultanea (vedi grafici TOC - Fig. 6.16 a 6.30).

Per quanto riguarda il metodo a campionamento dinamico, un problema qualche volta osservato, si trattò dell’intasamento del sistema linea di campionamento/valvola campionatrice, stesso provvedendo il riscaldamento sulla camera termostatica (che contiene la valvola) a 100°C e della tubazione di prelievo del campione a 140°C , come la metodologia impiegata determina. Questo fenomeno provoca il rilievo di risultati anomali all’inizio proseguendo con il blocco totale del sistema/gascromatografo con letture “*off normal*”. Conseguentemente il rilievo dei

dati TOC in continuo soffre un'interruzione di alcuni minuti per eseguire la pulizia, e posteriormente si riprende l'analisi.

La Tab. 6.62 riporta i dati rilevati di concentrazione (g/Nm^3) ed i relativi fattori di emissione ($\text{mg}_{\text{TOC}}/\text{g}_{\text{add}}$) risultanti dell'elaborazione di queste del carbonio organico totale, di cui le rappresentazioni grafiche sono nelle Fig. 6.40 e 6.41, rispettivamente.

Tab. 6.62 – Valori medi di concentrazione rilevati durante le prove in laboratorio ed i rispettivi fattori di emissione del Carbonio Organico Totale determinati secondo i metodi di campionamento statico e dinamico.

Prodotto - T°cottura	TOC (mg/Nm^3)		FE - TOC ($\text{mg c}/\text{g}_{\text{add}}$)	
	STAT	DINAM	STAT	DINAM
BIANCO - 300°C	1	6.3	-	-
MEG - 300°C	20.7	19	2.1	1.9
MEG - 700°C	27.7	37.9	8.3	11.3
DEG - 300°C bis	6.4	15.4	0.6	1.5
MPG - 300°C	69.0	41.2	8.8	5.3
MPG - 700°C	117.0	93.1	40.1	31.9
DPG - 300°C	36.0	30.9	4.0	3.4
DPG - 700°C	181.0	129.5	49.2	35.2
NPG - 300°C	63.0	62.4	7.5	7.4
NPG - 700°C	280.0	210.2	88.4	66.4
PEG 400 - 300°C bis	34.5	7.7	4.5	1.0
PEG 400 - 700°C bis	33.6	73.5	12.9	28.2
PEG 4000 - 300°C	48.0	89.3	5.6	10.4
PEG 4000 - 700°C	56.0	77.0	23.8	32.7
CMC - 900°C	6.4	7.5	8.2	9.7
DES - 300°C	1.6	2.9	0.5	1.0
DES - 900°C	12.0	17.0	13.5	19.1
ACRM - 300°C	3.5	7.0	1.4	2.9
PVA - 300°C	13.0	11.9	5.2	4.7
PVA - 900°C	50.0	46.8	55.1	51.6
PVAC - 300°C	1.0	1.7	0.3	0.6
PVAC - 900°C	14.0	23.8	15.3	26.1
A - 300°C	3.0	3.1	0.6	0.6
A - 900°C	64.0	66.6	46.7	48.6
B - 300°C	8.3	9.0	0.6	0.7
B - 900°C	65.0	129.2	15.7	31.2

I dati di seguito riportati forniscono i seguenti elementi di valutazione:

- 1) i due metodi forniscono risultati diversi, con scostamenti di entità variabile, ma tale da non modificare significativamente le gerarchie dei dati all'interno delle due popolazioni (Tab. 6.62, Fig. 6.42).
- 2) in parte dei casi, i risultati “dinamico” sono superiori ai risultati “statico” ed invece negli altri succede l'inverso. Questo può trovare spiegazione nei diversi metodi di campionamento, ed ancor più nella procedura operativa (vedi 5.3.1 - Note).
- 3) Un efficiente campionamento della emissione gassosa e l'inesistenza di condense nella sacca di raccolta sono fattori di primissima importanza per un risultato affidabile e soggetto a minori margini di errori dell'analisi svolta attraverso campionamento statico.
- 4) Il periodo di campionamento incide sul risultato finale una volta che questo è un valore medio – per il metodo dinamico poiché trattasi di media matematica dei dati rilevati sull'intera durata della prova; per il metodo statico perché il campionamento è continuo durante la seconda metà della prova e il campione gassoso viene spontaneamente omogeneizzato all'interno della sacca di raccolta.

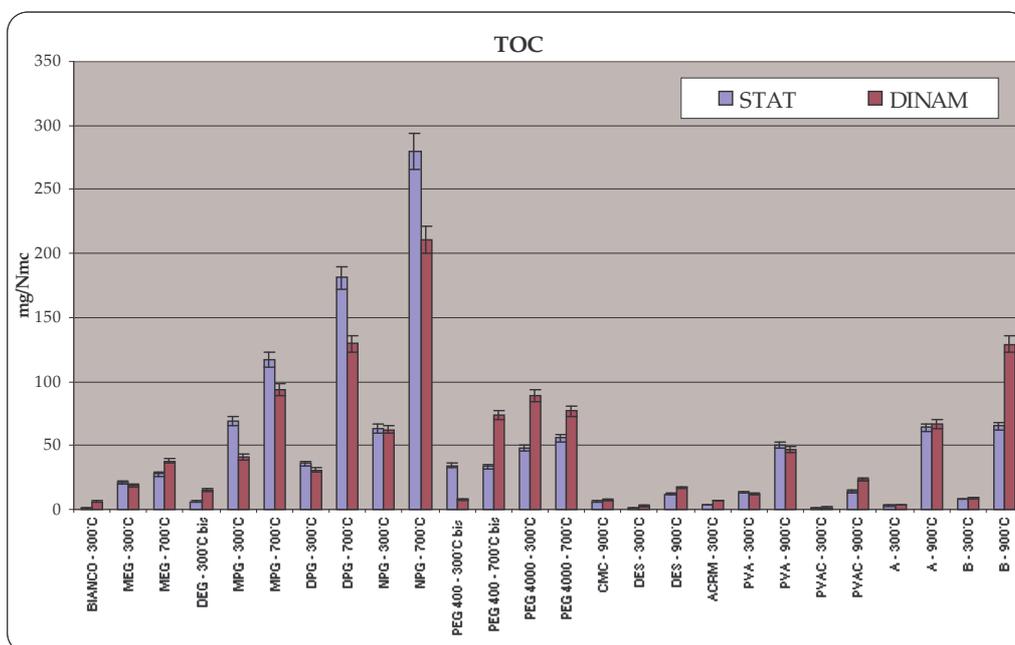


Fig. 6.40 – Rappresentazione grafica dell'andamento della **concentrazione** del TOC per i diversi additivi e la temperatura di trattamento termico, secondo il metodo di analisi.

Nota: in evidenza le barre di errori percentuali (5%).

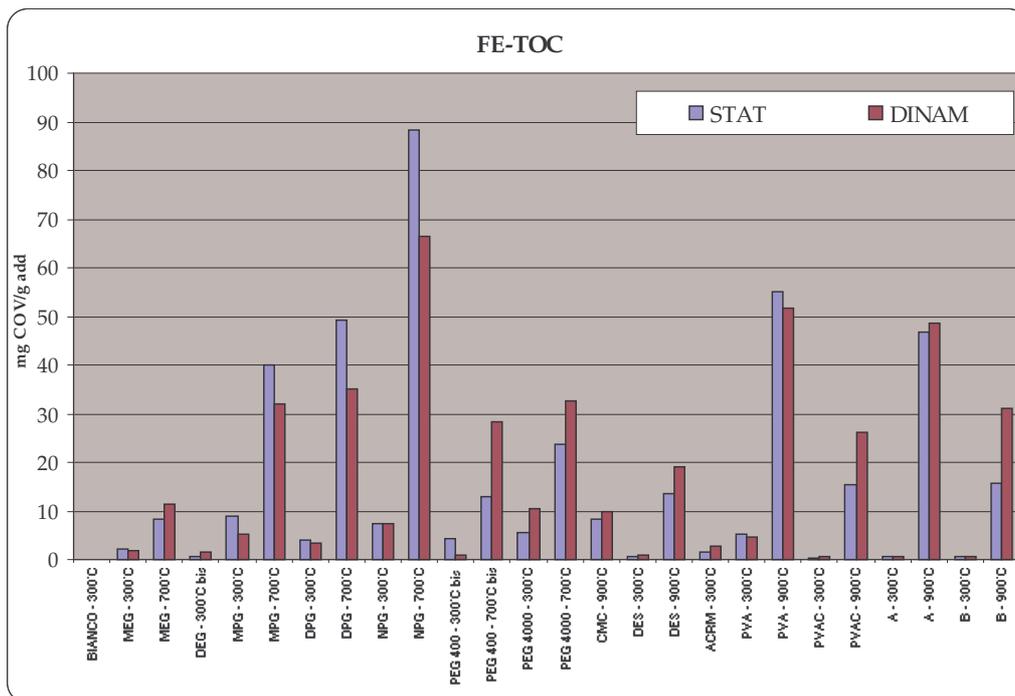


Fig. 6.41 – Rappresentazione grafica del **fattore di emissione** del TOC per i diversi additivi e la temperatura di trattamento termico, secondo il metodo di analisi.

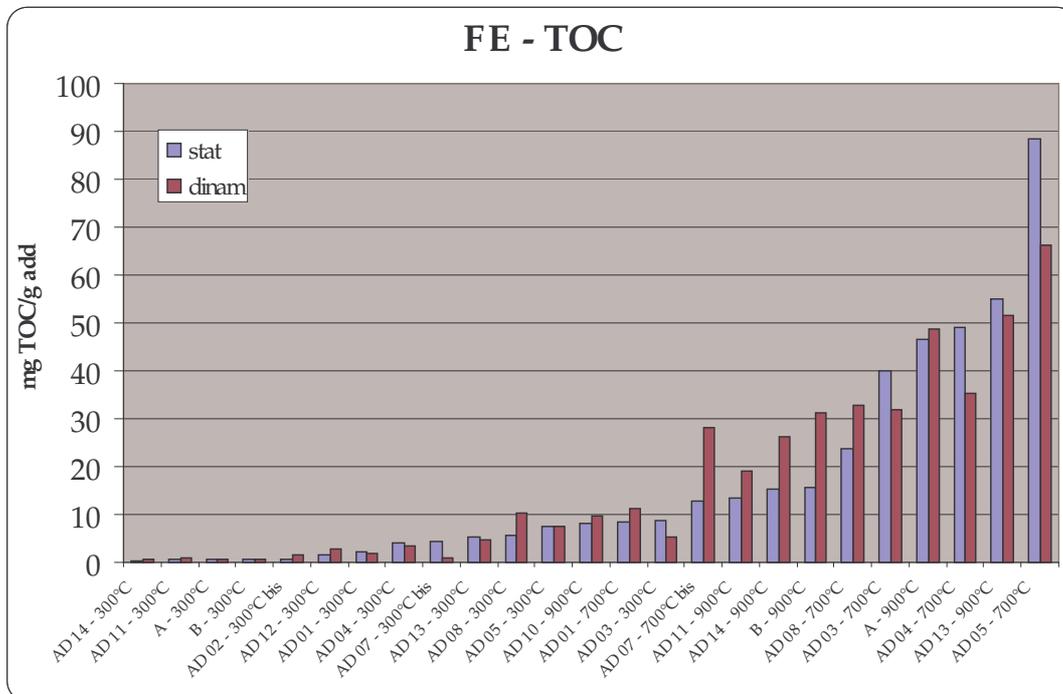


Fig. 6.42 – Rappresentazione grafica dell'andamento del **fattore di emissione** del TOC per i diversi additivi e la temperatura di trattamento termico, in ordine crescente secondo il metodo di analisi a campionamento statico.

6.3.9. Il Monossido di Carbonio (CO) rilevato nelle emissioni. Relazioni con additivo e temperatura di trattamento termico delle prove eseguite in laboratorio.

Il monossido di carbonio è un gas incolore ed inodore che si forma dalla combustione incompleta degli idrocarburi. E' una sostanza molto tossica, perché entra in competizione con l'ossigeno nel legarsi all'emoglobina, formando la carbossiemoglobina, una sostanza molto stabile. In questa maniera viene impedito il trasporto dell'ossigeno e di conseguenza l'ossigenazione dei tessuti.

Nel nostro caso in particolare, dove è stato impiegato per realizzare i trattamenti termici un forno a riscaldamento elettrico, il rilievo della concentrazione del monossido di carbonio in emissione diventa ancora di più un dato interessante per capire la combustione avvenuta, una volta che il principio di funzionamento degli analizzatori di fumi si basa sulla misura diretta del CO (ppm e mg/m³), O₂ (%) e temperatura dell'ambiente e dei fumi (°C) e invece la CO₂ viene calcolata attraverso un algoritmo basato su questi dati misurati direttamente e le costanti del combustibile utilizzato (metano, GPL, gasolio, oli combustibili, biodiesel, etc.). Pertanto nella nostra situazione, forno elettrico, non è possibile effettuare il controllo della CO₂, conseguentemente il CO diventa l'unica alternativa per analizzare le reazioni avvenute con il trattamento termico.

La Tab. 6.63 riporta i risultati delle misurazioni effettuate di questo composto, secondo metodologia citata in 5.3.6, nelle sperimentazioni in forno elettrico da laboratorio, per vari additivi ed i due prodotti industriali, alle temperature bassa ed alta di cottura.

I dati di concentrazione di CO rilevati in emissione sono stati elaborati come FE riferito al grammo di additivo in ingresso, ed i risultati sono nella Tab. 6.64, di cui la rappresentazione grafica si riporta alla Fig. 6.43. Due risultati appaiono con evidenza immediata dall'esame della tabella:

- il fattore di emissione di CO, riferito a 1 g di additivo in ingresso al forno, aumenta in misura significativa all'aumentare della temperatura di trattamento termico da 300 a 700/900 °C;
- il medesimo fattore di emissione varia entro un intervallo relativamente limitato, al variare dell'additivo: con poche eccezioni. A 300°C, PEG 400 e PEG 4000 hanno mostrato un fattore di emissione di CO pari a circa 10 volte la media degli altri, mentre ad alta temperatura l'eccezione è rappresentata dall' A lab, il cui fattore di emissione ammonta a 4 volte la media degli altri.

Attribuire questi valori anomali a particolarità o errori contingenti appare una scelta ragionevole, per cui si può concludere dichiarando il

seguinte risultato (da prendere con la dovuta prudenza): Nella generalità dei casi, con limitate eccezioni, l'emissione di CO:

- varia da 2,5 a 6 mg_{CO}/g_{add} a bassa temperatura di trattamento termico (300 °C)
- varia da 100 a 230 mg_{CO}/g_{add} ad alta temperatura di trattamento termico (700/900 °C)

Tab. 6.63 – Concentrazione di CO in emissione per i diversi additivi e le rispettive temperature di prova.

Additivo [sigla]	Temperatura cottura [°C]	CO (medio)	
		[ppm]	[mg/Nm ³]
MEG	300	33	41
	700	466	583
MPG	300	33	42
	700	330	413
DPG	300	19	23
	700	582	727
NPG	300	38	47
	700	571	714
PEG 400	300	269	336
	700	326	407
PEG 4000	300	303	379
	700	315	394
CMC	300	n.r.	n.r.
	900	62	77
DES	300	12	15
	900	136	170
ACRM	300	9	11
	900	n.r.	n.r.
PVA	300	12	15
	900	146	182
PVAc	300	12	15
	900	113	141
A	300	9	12
	900	644	805
B	300	29	36
	900	728	910

Tab. 6.64– CO espresso come fattore di emissione per i diversi additivi e le rispettive temperature di prova.

FE - CO (mg CO/g add)		
additivo	Temperatura	
	300°C	700/900°C
MEG	4.2	174.3
MPG	5.3	141.5
DPG	2.6	197.7
NPG	5.6	225.4
PEG400	43.4	156.0
PEG4000	44.1	167.0
CMC	n.r.	99.4
DES	5.2	191.5
ACRM	4.5	n.r.
PVA	5.9	200.5
PVAc	5.0	154.1
A	2.4	587.7
B	2.7	219.8

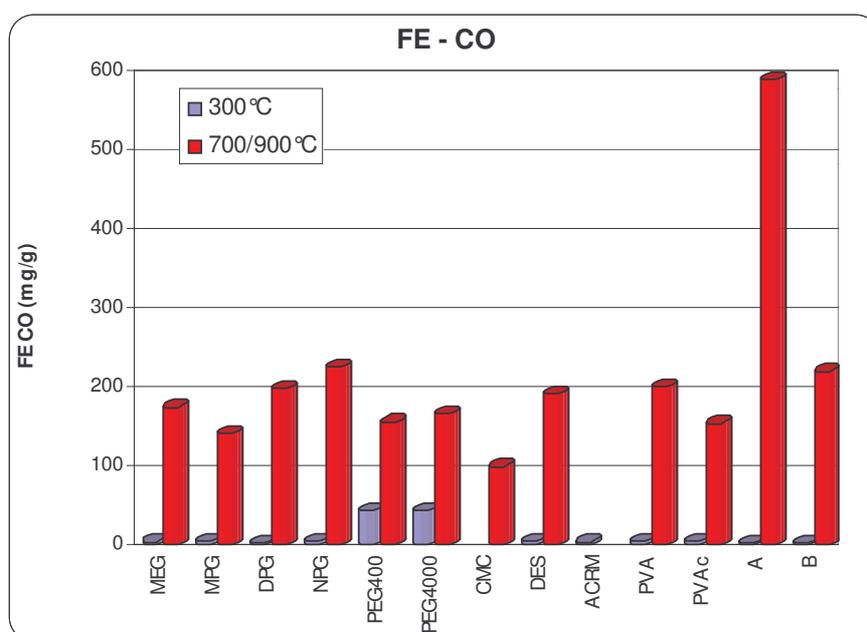


Fig. 6.43 - Rappresentazioni grafiche FE – CO alle temperature di prova.

Per valutare meglio questi risultati, si è provveduto a ricalcolare i dati riportati in Tab. 6.64, ed ottenere da essi il fattore di emissione di carbonio associato al CO (C_{CO} , mg), riferito all'unità di massa di C organico in ingresso (C_{in} , g) contenuto nell'additivo. Il FE ricalcolato è dunque in [$mg C_{CO} / g C_{in}$].

Per quanto concerne la conversione da grammo di additivo a grammo di C organico in ingresso, si è proceduto come nel paragrafo precedente: per gli additivi il calcolo viene effettuato utilizzando, come fattore di conversione, il contenuto di C degli additivi (vedi Tab. 2.III), convertibile in [$g C/g$ additivo]. Per entrambe le due miscele industriali A e B, si è fatto ricorso alle schede di fabbricazione (Tab. 4.7 e 4.9).

Per quanto riguarda invece la conversione da mg di CO a mg di C_{CO} , si è utilizzato il fattore stechiometrico $0,316 mg_C/mg_{CO}$ (dati: pesi atomici di C (12), O (16) e CO (38), da cui si ricava il fattore di conversione $12/38 = 0,316 mg_C/mg_{CO}$).

Il quadro ricavato viene riportato alla Tab. 6.65 (l'attenzione, anche in questo caso, è stata limitata ai dati ad alta temperatura di trattamento termico), posto a confronto con quello precedentemente sviluppato per il TOC.

Tab. 6.65 – Fattore di emissione del carbonio riferente al CO (FE - C_{CO}) in relazione al grammo di carbonio trattato ad alta temperatura.

Prodotto	CO- FE	Analisi Elementare			FE - CO	FE - C_{CO}
	(mg_{CO}/g_{add})	mg_C/g_{add}	g_C/g_{add}	%	mg_{CO}/g_{Cin}	$mg_{C_{CO}}/g_{Cin}$
MEG	174.3	378.2	0.3782	37.82	460.9	145.6
MPG	141.5	441.9	0.4419	44.19	320.2	101.2
DPG	197.7	503.0	0.503	50.3	393.0	124.2
NPG	225.4	581.9	0.5819	58.19	387.4	122.4
PEG 400	156.0	511.4	0.5114	51.14	305.0	96.4
PEG 4000	167.0	538.1	0.5381	53.81	310.4	98.1
CMC	99.4	397.5	0.3975	39.75	250.1	79.0
DES	191.5	404.8	0.4048	40.48	473.1	149.5
PVA	200.5	526.1	0.5261	52.61	381.1	120.4
PVAc	154.1	537.2	0.5372	53.72	286.9	90.6
A lab	587.7	396.1	0.3961	39.61	1483.7	468.9
B lab	219.8	444.0	0.4440	44.40	495.0	156.4

Come si vede, per gli additivi esaminati l'emissione di C_{CO} varia da circa 80 a 160, in termini di $mg_{C_{CO}}/g_{Cin}$ - fatta salva la "eccezione" rappresentata dall' **A lab**, la cui emissione ammonta a più del doppio

dell'estremo superiore dell'intervallo citato. Questi dati mostrano che l'emissione totale di CO, espressa in termini di C, corrisponde, in generale, a circa il 8-16 % del C organico in ingresso (C_{in}).

Sommando questo dato a quello precedentemente elaborato del TOC, si giunge al risultato descritto dall'ultima colonna, la somma, della Tab. 6.66 riportata in seguito, di cui la rappresentazione grafica è riportata alla Fig. 6.44.

Tab. 6.66 – Sommatoria dei FE di **carbonio** riferente al carbonio organico (TOC) e inorganico dovuto al CO (C_{CO}) in emissione - Σ FE (TOC + C_{CO}) - in relazione al grammo di carbonio (C_{in}) trattato ad alta temperatura.

Prodotto	FE-TOC mg_{TOC}/g_{C_{in}}	FE-C_{CO} mg_{C_{CO}}/g_{C_{in}}	Σ FE (TOC + C_{CO}) mg_{(C_{TOC}+C_{CO})/ g_{C_{in}}}
MEG	21.9	145.6	167.6
MPG	90.7	101.2	191.9
DPG	97.8	124.2	222.0
NPG	151.9	122.4	274.3
PEG 400	25.2	96.4	121.6
PEG 4000	44.1	98.1	142.2
CMC	20.7	79.0	99.7
DES	33.3	149.5	182.8
PVA	104.7	120.4	225.1
PVAc	28.5	90.6	119.2
A lab	117.9	468.9	586.8
B lab	35.4	156.4	191.8

A partire di questi risultati si può osservare che per ogni grammo di C organico in ingresso, si trova nell'emissione gassosa una quantità di C complessivamente associato alle SOV (TOC) ed al CO (C_{CO}) variabile nell'intervallo da 100 a 275 mg, corrispondenti rispettivamente al 10 ed al 28 %. Dunque, sembra di dovere ammettere che, dei composti organici in ingresso verificati (espressi in termini di carbonio organico), dal 72 al 90% viene bruciato completamente, con formazione di CO_2 , mentre la parte restante – dal 10 al 28 % - è emessa attraverso l'emissione gassosa come SOV (dal 2 al 15 %) e CO (dal 9 al 16 %).

Caratteristiche delle serie di dati sopra riportate:

FE TOC

media: 64,3 mg C/g C_{in}
 deviazione standard: 45,4 mg C/g C_{in} (71 %)

FE C_{CO}

→ tutti i dati

media: 146,1 mg C/g C_{in}

deviazione standard: 104,6 mg C/g C_{in} (72 %)

→ con esclusione di **A lab**

media: 116,7 mg C/g C_{in}

deviazione standard: 25,9 mg C/g C_{in} (22 %)

FE TOC + FE C_{CO}

→ tutti i dati

media: 210,4 mg C/g C_{in}

deviazione standard: 128,8 mg C/g C_{in} (61 %)

→ con esclusione di A

media: 176,2 mg C/g C_{in}

deviazione standard: 52,9 mg C/g C_{in} (30 %)

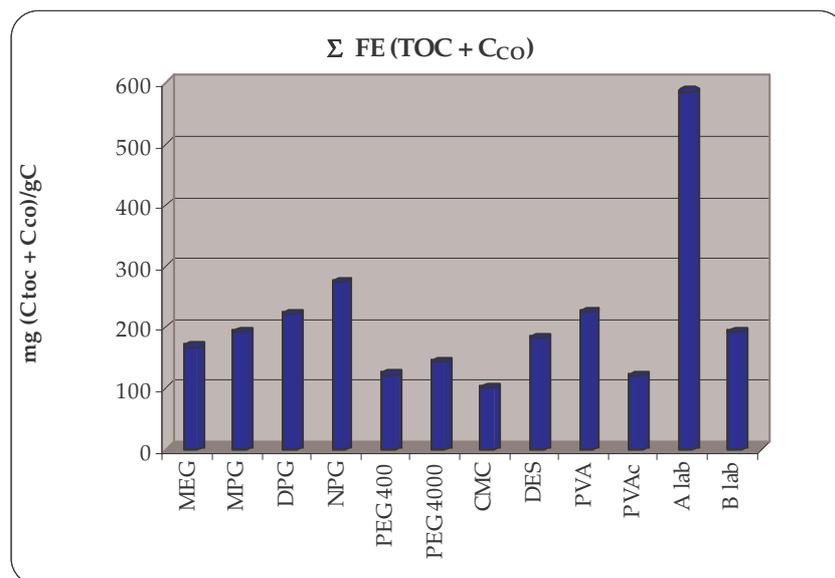


Fig. 6.44 - Rappresentazioni grafiche Σ FE (TOC + C_{CO}) ad alta temperatura di prova.

6.3.10. Aspetti tossicologici delle SOV identificate nelle emissioni gassose da trattamento termico degli additivi organici – valutazione.

Nella Tab. 6.67 sono riportati i principali aspetti relativi al rischio e alla tossicità delle sostanze organiche volatili rilevate nelle emissioni gassose originate dal trattamento termico dei 14 additivi organici dalla ricerca. Queste informazioni sono provenienti, e compongono una sintesi, dalle *schede tossicologiche di sicurezza* riportate all'Appendice F. Viene individuata ogni sostanza rilevata in emissione, i rispettivi numeri di identificazione ICSC (*International Chemical Safety Cards*) e CAS (*Chemical Abstract Service*), la formula chimica, le frasi di rischio R, i consigli di prudenza S, il valore limite di soglia TLV (*Threshold Limit Value*), i simboli di pericolosità, i rischi acuti e principali sintomi (inalazione, cute e occhi), gli effetti dell'esposizione a breve e a lungo termine, ed alcune note rilevanti da riportare.

Alla fine di una valutazione delle emissioni derivate da ogni singolo additivo provato, sono state considerate le composizioni delle relative emissioni a trattamento termico ad alta temperatura (Glicoli a 700°C; Resine a 900°C): sostanze organiche rilevate e rispettivo FE ($\text{mg}_{\text{SOV}}/\text{g}_{\text{add}}$). Di tali sostanze sono state effettuate valutazioni quanto alla **cancerogenicità**, le **frasi di rischio R** e ai **valori TLV**.

La prima analisi e comparazione qualitativa fra le emissioni effettuata è basata sulla **cancerogenicità** delle sostanze rilevate. Ai fini di questa valutazione sono state considerate le *sostanze riconosciute come cancerogene per l'uomo* (come per esempio formaldeide e benzene), come anche quelle *cancerogene per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo* (acetaldeide, crotonaldeide, 1,4 diossano, acrilonitrile). Anche in questa categoria di prima pericolosità sono state aggiunte le sov di *tossicità per la riproduzione o lo sviluppo umano* (metil etil chetone) e da cui *l'esposizione può portare alla morte* (metil acetato, benzene ed acrilonitrile).

E' definito cancerogeno l'agente di natura chimica, fisica o biologica in grado di innescare il processo di cancerogenesi e condurre così alla trasformazione della cellula normale in cellula tumorale. I cancerogeni possono essere separati in due categorie generali: composti che agiscono a livello dei geni (genotossici) e composti dove non è stata trovata evidenza di reattività diretta con DNA (epigenetici), ma provocano diversi effetti biologici che possono essere alla base della loro cancerogenicità. Un agente viene definito cancerogeno sulla base di evidenze scientifiche derivanti da sperimentazioni su animali o da osservazioni epidemiologiche sull'uomo.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica gli agenti secondo questo ordine:

Gruppo 1 – L'agente è cancerogeno per gli esseri umani

Gruppo 2A – L'agente è probabilmente cancerogeno per gli esseri umani

Gruppo 2B – E' possibile che l'agente sia cancerogeno per gli esseri umani

Gruppo 3 – L'agente non è classificabile come cancerogeno per gli esseri umani

Gruppo 4 – L'agente è probabilmente non cancerogeno per gli esseri umani

La Tab. 6.68 riporta, per ogni additivo studiato nella presente ricerca, i relativi FE delle sostanze di questa categoria di pericolosità sviluppate durante il trattamento termico realizzato ad alta temperatura. All'ultima colonna si riporta la sommatoria dei FE delle sostanze di rischio per ogni additivo, e da questa si è elaborata la classifica degli additivi secondo le maggiori formazioni di sov cancerogene in emissione per grammo di additivo trattato termicamente.

La Tab. 6.69 riporta alla sua volta, i FE delle sostanze in emissione classificate secondo le **frasi di rischio R** di particolare attenzione nel contesto della ricerca, elencate sotto:

- **R20** Nocivo per inalazione;
- **R23** Tossico per inalazione;
- **R26** Molto tossico per inalazione;
- **R33** Pericolo di effetti cumulativi;
- **R37** Irritante per le vie respiratorie;
- **R38** Irritante per la pelle;
- **R39** Pericolo di effetti irreversibili molto gravi;
- **R40** Possibilità di effetti cancerogeni - prove insufficienti;
- **R41** Rischio di gravi lesioni oculari;
- **R42** Può provocare sensibilizzazione per inalazione;
- **R45** Può provocare il cancro;
- **R46** Può provocare alterazioni genetiche ereditarie;
- **R48** Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata;
- **R49** Può provocare il cancro per inalazione;
- **R50** Altamente tossico per gli organismi acquatici;
- **R51** Tossico per gli organismi acquatici;
- **R52** Nocivo per gli organismi acquatici;
- **R53** Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico;
- **R60** Può ridurre la fertilità;
- **R61** Può danneggiare i bambini non ancora nati;
- **R62** Possibile rischio di ridotta fertilità;
- **R63** Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati;
- **R64** Possibile rischio per i bambini allattati al seno;

- **R67** L'inalazione dei vapori può provocare sonnolenza e vertigini;
- **R68** Possibilità di effetti irreversibili.

Le sostanze caratterizzate per questi indici R sono: acetaldeide, propionaldeide, acroleina, crotonaldeide, 1,4 diossolano, 1,3 diossano, acido acetico, metil acetato, toluene, benzene, acrilonitrile e metil etil chetone. All'ultima colonna si riporta la sommatoria dei FE delle sov interessate per ogni additivo, e da questa si è elaborata la classifica degli additivi secondo le maggiori formazioni di sov caratterizzate dalle suddette frasi di rischio in emissione per grammo di additivo trattato termicamente.

Già la terza analisi e comparazione qualitativa fra le emissioni effettuata è basata sui **valori TLV** delle sostanze rilevate, che sono i valori limite di soglia consentiti per una esposizione prolungata, nel caso del TLV-TWA di 40 ore/settimana. In altre parole, le sostanze con i valori più bassi di TLV sarebbero quelle più pericolose poiché bastano poche quantità per causare dei danni alla salute umana.

Per questa valutazione sono state prese in considerazione le sov con valori uguali o più bassi che 2 ppm che sono: formaldeide, acroleina, crotonaldeide, benzene e acrilonitrile. La Tab. 6.70 riporta queste sostanze ed i suoi valori FE rilevati per ogni additivo della ricerca. All'ultima colonna si riporta la sommatoria dei FE per ogni additivo, e da questa si è elaborata la classifica degli additivi secondo le maggiori formazioni di sov con i più bassi TLV in emissione per grammo di additivo trattato termicamente.

Le 3 diverse classifiche quanto a pericolosità elaborate, secondo la cancerogenicità, le frasi R ed il TLV, sono affiancate nella Tab. 6.71, a fine di procedere una valutazione generale dei rischi associati ad ognuno degli additivi. Sono riportate le rispettive posizioni in ordine di classifica secondo la particolarità in questione, corrispondendo ai valori più bassi gli additivi con i risultati peggiori (più pericolosi) e viceversa.

La colonna "totale" riporta la somma delle posizioni in tutte le tre valutazioni e significa, in linee generali, il risultato complessivo dei rischi associati per ogni additivo. Si possono verificare i migliori ed i peggiori risultati ancora nella Tab. 6.71, che riporta l'esiti elencati in ordine decrescente, dal meno al più pericoloso secondo le caratteristiche considerate.

Si può notare che la Acrilammide è l'additivo che ha presentato il miglior risultato in generale, ed invece il Polivinil Acetato, l'Alcool Polivinilico ed il Dietilen Glicole sono gli additivi più tossici.

Più specificamente per quanto riguarda gli additivi del tipo Glicoli, si sottolinea la considerevole differenza osservata tra il MEG e il DEG del loro grado di pericolosità delle sov in emissione. Il primo, glicole monoetilenico, si riferisce assieme al DPG ai migliori risultati ottenuti tra i glicoli; invece il glicole dietilenico è assolutamente il glicole più pericoloso

secondo le caratteristiche in analisi (cancerogenicità, frasi R e TLV). Questo fatto dimostra che la sostituzione del più tradizionale DEG per il MEG (vedi Capitolo 2 – Introduzione) nella composizione dei veicoli serigrafici per motivi tecnologici, seguendo la tendenza tecnologica e produttiva, anche si dimostra particolarmente opportuna d'accordo con i rischi associati ad essi.

D'altra parte, per quanto riguarda le resine, sono stati ottenuti diametralmente opposti: l'additivo che trattato termicamente origina l'emissione relativamente meno pericolosa è l'acrilammide, e diversamente il PVAc e PVA sono quelli che rappresentano il rischio maggiore.

Questa graduatoria è utile per studiare le sostituzioni di additivi e nella progettazione di nuove formulazioni di veicoli serigrafici, sempre con l'obiettivo di avere un risultato meno impattante e rischioso del prodotto finale.

Si sottolinea che si devono considerare questi risultati anche per l'inquinamento *indoor* causato per le sov, che potrebbe occorrere durante la fase di decorazione delle piastrelle nella linea di smaltatura e nello stoccaggio delle emulsioni per evaporazione, ed anche nelle fuoriuscite dal forno, per evaporazione e decomposizione degli composti organici in questione.

Tab. 6.67: aspetti delle SOV rilevate nelle emissioni da trattamento termico degli additivi: rischi e tossicità.

Sostanza	ICSC	CAS	Formula	Frase R	Frase S	TLV	Simboli	Rischi acuti/sintomi			Effetti dell'esposizione a breve termine	Effetti dell'esposizione ripetuta o a lungo termine	Note
								inalazione	cute	occhi			
Formaldeide	275	50-00-0	H ₂ CO	-	-	0.3 ppm	-	sensazione di bruciore, tosse, mal di testa, nausea, respiro affannoso.	-	provoca copiosa lacrimazione, arrossamento, dolore, vista offuscata.	La sostanza è gravemente irritante per gli occhi e è irritante per il tratto respiratorio. L'inalazione può causare edema polmonare.	Questa sostanza è cancerogena per l'uomo.	Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa. Classe di cancerogenicità: 4; gruppo mutageno per le cellule germinali: 5; gruppo di rischio per la gravidanza: C.
Acetaldeide	009	75-07-0	C ₂ H ₄ O	12-36/37-40	2-16-33-36/37	25 ppm	Xn tossico; F+ estremamente infiammabile	tosse	arrossamento, dolore	arrossamento, dolore	La sostanza è mediamente irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.	Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul tratto respiratorio causando lesioni tessutali. E' possibile che questa sostanza sia cancerogena per l'uomo.	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici. Classe di cancerogenicità: 3B. Gruppo di rischio per la gravidanza: D. Valore Ceiling A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo).
Propionaldeide	550	123-38-6	C ₃ H ₆ O	11-36/37/38	2-9-16-29	20 ppm	F facilmente infiammabile, Xi irritante	tosse, mal di gola	arrossamento, dolore	arrossamento, dolore	Il vapore della sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza è gravemente irritante per gli occhi e la cute.	-	La sostanza si decompone per combustione producendo gas tossici e fumi irritanti.
Acroleina	0090	107-02-8	C ₃ H ₄ O	11-25-26-34	1/2-3/9/14-26-36/37/39-38-45	0.1 ppm	F facilmente infiammabile, T+ Molto tossico, N Pericoloso per l'ambiente	sensazione di bruciore, tosse, difficoltà respiratoria, respiro affannoso, mal di gola, nausea.	arrossamento, dolore, vesciche, ustioni cutanee.	arrossamento, dolori, gravi ustioni profonde.	Provoca copiosa lacrimazione. La sostanza è gravemente irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Inalazione di questa sostanza ad elevate concentrazioni può causare edema polmonare. Gli effetti possono essere ritardati. E' indicata l'osservazione medica.	-	La sostanza è molto tossica per gli organismi acquatici. Classe di cancerogenicità: 3B. Si formano fumi tossici per riscaldamento. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
Crotonaldeide	0241	4170-30-3	C ₄ H ₆ O	11-24/25-26-37/38-41-48/22-50-68	1/2-26-28-36/37/39-45-61	0.3 ppm	F facilmente infiammabile, T+ Molto tossico, N Pericoloso per l'ambiente	sensazione di bruciore, tosse, difficoltà respiratoria, respiro affannoso, mal di gola. I sintomi possono presentarsi in ritardo.	arrossamento, sensazione di bruciore, dolore	corrosivo, arrossamento, dolore, gravi ustioni profonde.	Provoca copiosa lacrimazione. La sostanza è gravemente irritante per la cute e il tratto respiratorio, è corrosivo per gli occhi. Inalazione di questa sostanza ad elevate concentrazioni può causare edema polmonare. Inalazione di questa sostanza ad elevate concentrazioni può causare morte. E' indicata l'osservazione medica.	-	A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo). Classe di cancerogenicità: 3B. Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa. La sostanza è molto tossica per gli organismi acquatici.
Metacroleina	1259	78-85-3	C ₄ H ₆ O	-	-	non definito	-	tosse, mal di gola	assorbimento. Arrossamento, dolore.	arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio.	-	Prevenire la formazione di aerosols. Gli effetti sull'uomo da esposizione alla sostanza non sono stati indagati.
Butirraldeide	0403	123-72-8	C ₄ H ₈ O	11	2-9-29-33	non definito	F facilmente infiammabile	sensazione di bruciore, tosse, mal di gola	arrossamento, sensazione di bruciore	arrossamento, dolore	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio.	-	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.
Valeraldeide	1417	110-62-3	C ₅ H ₁₀ O	-	-	50 ppm	F facilmente infiammabile	tosse, mal di gola	arrossamento	arrossamento, dolore	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio.	-	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.
Tolualdeide			C ₈ H ₈ O										
Benzaldeide	0102	100-52-7	C ₇ H ₆ O	22	2-24	non definito	Xn (Nocivo)	convulsioni, tosse, vertigine, mal di testa, nausea, mal di gola, vomito.	arrossamento	arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio. L'esposizione potrebbe provocare attenuazione della vigilanza.	Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare sensibilizzazione cutanea.	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici. Non può essere indicata la relazione tra odore e limite di esposizione professionale.
Etilen glicole	270	107-21-1	C ₂ H ₄ O ₂	22	2	100 mg/m ³	Xn (Nocivo)	tosse, vertigine, mal di testa	cute secca	arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sui reni e sul sistema nervoso centrale, causando insufficienza renale e lesione cerebrale.	La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso centrale causando movimenti anormali degli occhi (nistagmo).	Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa.
Diisilen glicole	619	111-46-6	C ₄ H ₁₀ O ₃	-	-	non definito	-	tosse, vertigine	arrossamento	arrossamento	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato e sui reni. L'esposizione può portare ad un stato di incoscienza.	-	
PEG	1517	25322-68-3	HO(C ₂ H ₄ O) _n H	-	-	non definito	-	-	-	-	-	-	frazione inalabile (MAK): 1000 mg/m ³ . Gruppo di rischio per la gravidanza: C.
Monopropilen glicole	321	57-55-6	C ₃ H ₈ O ₂	-	-	non definito	-	-	-	arrossamento, dolore	La sostanza è irritante per gli occhi.	Contatti ripetuti o prolungati possono causare sensibilizzazione cutanea	
Dipropilen glicole	1055	110-98-5	C ₆ H ₁₄ O ₃	-	-	non definito	-	-	-	arrossamento	La sostanza è mediamente irritante per gli occhi e la cute.	-	
Dipropilen glicole metil etere	884	34590-94-8	C ₇ H ₁₆ O ₃	-	-	100 ppm	-	tosse, vertigine, sonnolenza	può essere assorbito. Cute secca.	arrossamento, dolore	Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale causando narcosi.	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute.	
Neopentil glicola	305	126-30-7	C ₅ H ₁₂ O ₂	-	-	non definito	-	tosse	arrossamento	arrossamento, dolore	La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio.	-	Gli effetti sull'uomo da esposizione alla sostanza non sono stati indagati in maniera adeguata.
Acetone	0087	67-64-1	C ₃ H ₆ O	11	2-9-16-23-33	750 ppm	F Facilmente infiammabile	mal di gola, tosse, stato confusionale, mal di testa, vertigine, sonnolenza, stato d'incoscienza	cute secca	arrossamento, dolore, vista offuscata, possibile danno della cornea.	Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato, sui reni e sul tratto gastrointestinale.	Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul sangue e sul midollo osseo.	

1.4 Diossano	0041	123-91-1	C ₈ H ₆ O ₂	11-19-36/37-40/66	2-9-16-36/37-40/66	20 ppm	F Facilmente infiammabile Xn Nocivo	mal di testa, nausea, tosse, mal di gola, dolore addominale, vertigine, sonnolenza, vomito, stato d'incoscienza.	può essere assorbito. Arrossamento	arrossamento, dolore, copiosa lacrimazione.	La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato e sui reni. L'esposizione a elevate concentrazioni può portare ad un stato d'incoscienza.	Il liquido ha caratteristiche sgrassante la cute. Questa sostanza è probabilmente cancerogena per l'uomo.	frazione inalabile (MAK): 20 ppm (73 mg/m ³). Gruppo di rischio per la gravidanza: D. Classe di cancerogenicità: 4. A3 cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
1.3 Diossolano	-	646-06-0	C ₃ H ₆ O ₂	11-36/37/38	16	20 ppm	F Facilmente infiammabile Xi Irritante	irritazione tratto respiratorio, difficoltà respiratoria, vertigine, soffocazione	irritazioni	irritazioni	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio.	Può causare effetti sul sangue e anemia.	
2 Metil 1.3 diossolano													
Acido Acetico	0363	64-19-7	C ₂ H ₄ O ₂	10-35	1/2-23-26-45	10 ppm	C Corrosivo	mal di gola, tosse, sensazione di bruciore, mal di testa, vertigine, respiro affannoso, difficoltà respiratoria.	dolore, arrossamento, vesciche, ustioni cutanee.	arrossamento, dolore, gravi ustioni profonde, perdita della vista.	La sostanza, ed il vapore, è corrosiva per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Inalazione di vapore può causare edema polmonare. Gli effetti possono essere ritardati. E' indicata osservazione medica.	Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul tratto gastrointestinale, causando disturbi digestivi con sensazione di bruciore e costipazione.	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici. La sostanza è un acido debole.
4 Metil 1.3 diossolano													
1 Metossi 2propanolo	0551	107-98-2	C ₃ H ₈ O ₂	10	2-24	100 ppm	-	tosse, sonnolenza, mal di testa, mal di gola	cute secca, arrossamento	lacrimazione, arrossamento, dolore	La sostanza ed i vapori (ad elevate concentrazioni) sono irritanti per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio. L'esposizione a concentrazioni molto elevate può portare a depressione nervosa.	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute	
2 Metossi 1propanolo													
Metil acetato	0507	79-20-9	C ₄ H ₈ O ₂	11-36-66-67	2-16-26-29-33	200 ppm	F Facilmente infiammabile Xi Irritante	tosse, sonnolenza, torpore, mal di testa, difficoltà respiratoria, mal di gola, stato d'incoscienza.	cute secca, arrossamento, ruvidezza	arrossamento, dolore, vista offuscata	La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. Può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando attenuazione della vigilanza. L'esposizione molto superiore all' OEL può portare alla morte.	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. La sostanza può avere effetto sul nervo ottico causando alterazione della visione.	Gruppo di rischio alla gravidanza: C. I sintomi di danno al nervo ottico non si manifestano prima di alcune ore. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
Metile formiato	0664	107-31-3	C ₂ H ₄ O ₂	12	2-9-16-33	100 ppm	F+ estremamente infiammabile	tosse, vertigine, torpore, mal di testa, difficoltà respiratoria, respiro affannoso, stato d'incoscienza.	arrossamento	arrossamento	La sostanza è irritante per gli occhi e la cute. Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. E' indicata osservazione medica.		L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
Toluene	0078	108-88-3	C ₇ H ₈	11-20	2-16-25-29-33	50 ppm	F Facilmente infiammabile Xn Nocivo	tosse, mal di gola, vertigine, sonnolenza, mal di testa, nausea, stato d'incoscienza.	cute secca, arrossamento.	arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi la cute e il tratto respiratorio. Può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione ad elevate concentrazioni può portare a aritmia cardiaca e stato di incoscienza.	La sostanza può avere effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione alla sostanza può aumentare il danno all'udito causato dall'esposizione al rumore. Test su animali indicano la possibilità che questa sostanza possa causare tossicità per la riproduzione o lo sviluppo umano.	Evitare l'esposizione di donne in gravidanza. Altamente infiammabile. La sostanza è tossica per gli organismi acquatici.
Benzene	0015	71-43-2	C ₆ H ₆	45-11-23/24/25	53-45	0.5 ppm	F facilmente infiammabile, T Tossico, N Pericoloso per l'ambiente	vertigine, sonnolenza, mal di testa, nausea, respiro affannoso, convulsioni, stato d'incoscienza.	può essere assorbito. Arrossamento, dolore.	Arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi la cute e il tratto respiratorio. Può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando attenuazione della vigilanza. L'esposizione molto superiore al TLV può portare ad un stato d'incoscienza e morte.	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. La sostanza può avere effetto sul midollo osseo e sul sistema immunitario causando una diminuzione delle cellule dal sangue. Questa sostanza è cancerogena per l'uomo.	A1 cancerogeno riconosciuto per l'uomo. Classe di cancerogenicità: 1. Gruppo mutageno per le cellule germinali: 3A. La sostanza è molto tossica per gli organismi acquatici. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
Metil vinil chetone	1495	78-94-4	C ₆ H ₈ O	-	-	0.2 ppm	-	sensazione di bruciore, tosse, mal di gola, respiro affannoso, difficoltà respiratoria, mal di testa, vertigine, tremore	Può essere assorbito. Arrossamento, dolore, ustioni cutanee.	provoca copiosa lacrimazione, arrossamento, dolore, gravi ustioni profonde.	Provoca copiosa lacrimazione. La sostanza è corrosiva per gli occhi la cute. Il vapore è gravemente irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. Inalazione può causare edema polmonare. Può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.	Contatti prolungati o ripetuti possono causare sensibilizzazione cutanea.	
Furano	1257	110-00-99	C ₄ H ₄ O	-	-	non definito	F facilmente infiammabile	tosse, mal di gola	arrossamento	-	Il vapore è irritante per il tratto respiratorio. Inalazione di vapore può causare edema polmonare.		Prevenire la formazione di aerosols.
Vinil acetato	0347	108-05-4	C ₄ H ₆ O ₂	11	2-16-23-29-33	10 ppm	F facilmente infiammabile	tosse, mal di gola, respiro affannoso.	arrossamento, vesciche	arrossamento, dolore, ustioni minori.	La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sui polmoni causando lesioni tissutali.		ACGIH ha classificato la sostanza come A3: carcinogeno animale. Prevenire la formazione di nebbie.
Acilonitrile	0092	107-13-1	C ₂ H ₃ N	45-11-23/24/25-37/38-41-43-51/53	9-16-53-45-61	2 ppm	F facilmente infiammabile, T Tossico, N Pericoloso per l'ambiente	vertigine, mal di testa, nausea, respiro affannoso, vomito, debolezza, convulsioni, oppressione al petto.	può essere assorbito. Arrossamento, dolore, vesciche.	arrossamento, dolore	La sostanza e il vapore sono irritanti per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione molto superiore all'OEL può portare ad uno stato di incoscienza e morte.	Contatti prolungati o ripetuti possono causare sensibilizzazione cutanea. La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso centrale e il fegato. E' possibile che questa sostanza sia cancerogena all'uomo.	Classe di cancerogenicità: 2. A3 cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo. La sostanza è nociva per gli organismi acquatici. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
Isobutil Nitrile 2.2 Dimetil 1.3 diossolano													
Metil etil chetone	0179	78-93-3	C ₄ H ₈ O	11-36/37	2-9-16-25-33	200 ppm	F Facilmente infiammabile Xi Irritante	tosse, vertigine, sonnolenza, mal di testa, nausea, vomito	-	arrossamento, dolore.	La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione molto superiore al limite può portare ad uno stato di incoscienza.	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. Test su animali indicano la possibilità che questa sostanza possa causare tossicità per la riproduzione o lo sviluppo umano.	L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.
2 metil furano													
Etanolo	0044	64-17-5	C ₂ H ₆ O	11	2-7-16	1000 ppm	F facilmente infiammabile	tosse, mal di testa, stanchezza, sonnolenza	cute secca	arrossamento, dolore, bruciatura	La sostanza è irritante per gli occhi. Inalazione di alte concentrazioni di vapore può causare irritazioni degli occhi e del tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.	Il liquido ha carattere sgrassante la cute. La sostanza può avere effetto sull'alto tratto respiratorio e il sistema nervoso centrale, causando irritazione, mal di testa, stanchezza e mancanza di concentrazione.	Gruppo di rischio per la gravidanza: C. Classe di cancerogenicità: 5.
Nitrometano	0522	75-52-5	CH ₃ NO ₂	5-10-22	2-11	20 ppm	Xn Nocivo	tosse, sonnolenza, mal di testa, nausea, mal di gola, stato d'incoscienza, vomito	cute secca, arrossamento	arrossamento	La sostanza è irritante per gli occhi la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale causando depressione nervosa.	Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso periferico, sui reni e sul fegato, causando alterazioni delle funzioni.	L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.

Tab. 6.68 - SOV di alto grado di pericolosità* rilevate nelle emissioni da trattamento termico ad alta temperatura - FE (mg/g).

* Cancerogenicità, tossicità per la riproduzione o lo sviluppo umano (metil etil chetone) e pericolo morte (metil acetato).

Additivo (700/900 °C)	FE (mg/g)											Methyl acetato	Methyl ethyl chetone	Acrylonitrile	Benzene	Toluene	1,4 Dioxano	Crotonaldehyde	Acetaldehyde	Formaldehyde	TOTALE sostanze	
	(toss ripr s' (morte)	Formaldehyde	Acetaldehyde	Crotonaldehyde	1,4 Dioxano	Toluene	Benzene	Acrylonitrile	Methyl ethyl chetone	Methyl acetato	TOTALE sostanze											
MEG	2.27	3.71	0.15	0.15																	6.1	
DEG	9.44	0.38	8.37																			18.2
MPG	3.15	2.74																				5.9
DPG	2.61	1.82																				4.43
NPG	2.97	1.04																			2.30	6.3
DPM	10.2	0.46	0.03	0.61																	0.15	11.5
PEG 400	8.50	0.80	4.33																			13.6
PEG 4000	5.39	0.55	1.02																			7.0
PAcr-Na	4.47	6.71	0.12	0.31	0.06	0.25																11.9
CMC	1.29	5.54	0.26	0.64																		7.7
DES	10.11	3.60																				13.7
ACRM	0.05	0.65	0.27																		0.27	1.2
PVA	5.40	14.65	0.88																			21.5
PVAc	9.85	4.38	0.11		0.55	0.88																15.8

Classifica additivi - maggiori formazioni di sov cancerogene in emissione.

Additivo (700/900 °C)	TOT (mg/g)
PVA	21.5
DEG	18.2
PVAc	15.8
DES	13.7
PEG 400	13.6
PAcr-Na	11.9
DPM	11.5
CMC	7.7
PEG 4000	7.0
NPG	6.3
MEG	6.1
MPG	5.9
DPG	4.4
ACRM	1.2

Legenda:

< 1
1-3
3-5
5-10
10-20
20-30

(mg/g)

Tab. 6.69 - SOV caratterizzate da particolari frasi di rischio* rilevate nelle emissioni da trattamento termico ad alta temperatura - FE (mg/g).

Additivo (700/900 °C)	Sostanze in emissione con Frasi di Rischio* (FE mg/G)											TOTALE	
	Acetaldeide	Propionaldeide	Acroleina	Crotonaldehyde	1.4 Diossano	1.3 Diossolano	Acido Acetico	Metil acetato	Toluene	Benzene	Acrilonitrile		Metil etil chetone
MEG	3.71		0.03		0.15	1.68	0.54						6.1
DEG	0.38	0.03	0.20		8.37	1.01	2.60						12.6
MPG	2.74	1.75	0.10				4.97						9.6
DPG	1.82	1.09	0.22			0.14	1.25						4.5
NPG	1.04	0.19	0.16								2.30		3.7
DPM	0.46	0.40	0.15	0.03	0.61		1.86	0.15					3.7
PEG 400	0.80	0.04	0.08		4.33	3.91	1.57						10.7
PEG 4000	0.55	0.04	0.04		1.02	1.57	3.27						6.5
PAer-Na	6.71	0.31	1.62	0.12	0.31		0.31		0.06	0.25			9.7
CMC	5.54	0.64	0.26	0.26	0.64		0.64						8.0
DES	3.60	0.22	0.56				2.25						6.6
ACRM	0.65	0.05			0.27						0.27		1.2
PVA	14.65	0.22	0.22	0.88			20.38		0.55	0.55			36.9
PVAc	4.38	0.44	0.22	0.11			16.97		0.88	0.88			23.5

Classifica additivi - maggiori formazioni di sov con frasi di rischio* in emissione.

Additivo	TOTALE
PVA	36.9
PVAc	23.5
DEG	12.6
PEG 400	10.7
PAer-Na	9.7
MPG	9.6
CMC	8.0
DES	6.6
PEG 4000	6.5
MEG	6.1
DPG	4.5
NPG	3.7
DPM	3.7
ACRM	1.2

Legenda: (mg/g)	
< 1	
1-3	
3-5	
5-10	
10-20	
20-30	
>30	

*sostanze con qualunque R tra: 20, 23, 26, 33, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68

Tab. 6.70 : SOV caratterizzate da bassi TLV* rilevate nelle emissioni da trattamento termico ad alta temperatura - FE (mg/g).

Classifica additivi - maggiori formazioni di sov con più bassi TLV.

Additivo (700/900 °C)	* Sostanze in emissione con TLV < o = 2 ppm (FE mg/g)							Metil vinil chetone	TOTALE
	Formaldeide	Acroleina	Crotonaldeide	Benzene	Acilonitrile				
MEG	2.27	0.03							2.3
DEG	9.44	0.20							9.6
MPG	3.15	0.10							3.3
DPG	2.61	0.22							2.8
NPG	2.97	0.16				0.98			4.1
DPM	10.2	0.15	0.03						10.4
PEG 400	8.50	0.08							8.6
PEG 4000	5.39	0.04							5.4
PAcr-Na	4.47	1.62	0.12	0.25		0.31			6.8
CMC	1.29	0.26	0.26						1.8
DES	10.11	0.56							10.7
ACRM	0.05				0.27				0.3
PVA	5.40	0.22	0.88	0.55					7.1
PVAc	9.85	0.22	0.11	0.88					11.1

sostanza	TLV (ppm)
formaldeide	0.3
acroleina	0.1
crotonaldeide	0.3
benzene	0.5
acilonitrile	2
metil vinil chetone	0.02

< 1
1-3
3-5
5-10
> 10

Legenda:
(mg/g)

Tab. 6.71 - Classificazione degli additivi secondo cancerogenicità, frasi di rischio di interesse (valore limite di soglia) delle sostanze rilevate in emissione a trattamento termico a alta tem

Additivo (700/900 °C)	posizione classifica secondo:			TOTALE
	canc.	FR sel	TLV	
MEG	11	10	12	33
DEG	2	3	4	9
MPG	12	6	10	28
DPG	13	11	11	35
NPG	10	12	9	31
DPM	7	13	3	23
PEG 400	5	4	5	14
PEG 4000	9	9	8	26
PAcr-Na	6	5	7	18
CMC	8	7	13	28
DES	4	8	2	14
ACRM	14	14	14	42
PVA	1	1	6	8
PVAc	3	2	1	6

Legenda: > valori: additivi con migliori risultati
< valori: peggiori risultati

Additivo (700/900 °C)	Pti.	
ACRM	42	migliore risultato (cancerogenicità + frasi R + TLV)
DPG	35	
MEG	33	
NPG	31	
MPG	28	
CMC	28	
PEG 4000	26	
DPM	23	
PAcr-Na	18	
PEG 400	14	
DES	14	
DEG	9	
PVA	8	
PVAc	6	peggiore risultato (cancerogenicità + frasi R + TLV)

6.3.11. *Impatto odorigeno delle SOV riscontrate.*

Come discusso precedentemente all'Introduzione teorica, uno dei problemi legati all'emissione di SOV da lavorazioni ceramiche oltre al fattore tossicità, è l'impatto odorigeno che alcune emissioni sono imputate di creare nelle vicinanze degli impianti produttivi, perciò è opportuno commentare i risultati dalla presente ricerca sulla base delle attuali conoscenze in campo olfattometrico.

Nell'immaginario collettivo, ai cattivi odori si associano condizioni di "non salubrità" dell'aria; spesso ad essi si attribuisce un valore superiore rispetto a quello di inquinanti più pericolosi, ma non direttamente percepiti dai nostri sensi. L'imprevedibilità del disturbo, la sua presenza continuata nel tempo, l'impossibilità di difendersi da esso, determinano un effetto sinergico negativo a livello psicologico, generando tensione e stati d'ansia, con conseguenti proteste da parte dei cittadini.

Come si può notare nella Tab. 6.72, molte delle SOV riscontrate nelle indagini effettuate con gli additivi organici ed con le miscele industriali, sono caratterizzate da soglie olfattive estremamente basse. Tra queste sono presenti molte **Aldeidi** (acetaldeide, benzaldeide, butirraldeide, propionaldeide, acroleina, crotonaldeide, metacrilaldeide, isobutirraldeide, valeraldeide, formaldeide) ed alcuni **COV** quali 1,4 diossano, vinile acetato, metil vinil chetone, acido acetico, che hanno evidenziato essere composti dall'odore molto sgradevole.

I derivati del 1,3 diossolano sono anche questi caratterizzati da cattivo odore e da concentrazione di soglia olfattiva molto bassa.⁽⁸⁾

Si deve però tenere presente che l'indagine odorimetrica realizzata mediante metodi analitici di tipo chimico, come la gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa, permette di identificare le sostanze inquinanti e di stabilire l'eventuale correlazione tra la concentrazione e le unità odorimetriche. Tali approcci sono precisi quando le emissioni maleodoranti sono determinate da specifici composti; viceversa la correlazione diventa difficile da stabilire quando l'odore deriva da una miscela di sostanze a bassa soglia olfattiva, come occorre al nostro caso.

Quando ci sono due o più odori che si sovrappongono possiamo distinguere diverse correlazioni^(19, 43, 15):

- indipendenza: $R_{AB} = R_A \text{ o } R_B$
- additività: $R_{AB} = R_A + R_B$
- sinergia: $R_{AB} > R_A + R_B$
- antagonismo: $R_{AB} < R_A + R_B$, dove:

R_{AB} : soglia olfattiva della miscela dei composti A e B;

R_A : soglia olfattiva del composto A;

R_B : soglia olfattiva del composto B.

Una miscela odorosa viene valutata meglio con il metodo sensoriale, ossia utilizzando il “naso umano”, sono infatti delle persone (*sniffers*) che stimano la percettibilità e il tono edonico (la sensazione di gradevolezza o sgradevolezza) degli odori annusando un campione odorigeno sottoposto a diluizioni successive. Tale metodo olfattometrico è stato normalizzato a livello europeo, EN 13725: *Air Quality of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*.⁽⁷⁸⁾

Nonostante l'effetto combinato di più sostanze presenti contemporaneamente non sia completamente prevedibile, è però ragionevole pensare che le emissioni che presentano i composti citati in precedenza possano essere caratterizzate da odore più o meno intenso e più o meno sgradevole.

In particolare ci si può aspettare che i prodotti dai quali si liberano aldeidi, diossano e diossolani siano critici da questo punto di vista. Mentre per le aldeidi è stato visto che tutti i prodotti studiati presentano una emissione di tali composti, comunque in maggiori quantità dalle resine, la situazione è molto più circoscritta per diossano, diossolani e suoi derivati.

Esaminando le tabelle relative ai risultati delle indagini (6.32, 6.33) e confrontandoli con i valori di soglia olfattiva riportati alla Tab. 6.72 si nota come questi composti siano perlopiù emessi dai glicoli (MEG – PEG 4000) mentre non ve ne sia traccia nelle resine se non per una presenza marginale di diossano.

In ogni modo, gli additivi che hanno originato in emissione le SOV con i più bassi valori di soglia olfattiva, non considerando gli eventuali effetti di sovrapposizione degli odori, sono le resine PVA, PVAc e PAcr-Na (di quali i composti odorigeni principali sono acetaldeide, acroleina, benzaldeide), e da parte dei glicoli, MEG, DEG, PEG 400 e PEG 4000 (1,4 diossano, acetaldeide, derivati diossano e diossolano).

Tab. 6.72 – Soglia olfattiva e descrizione dell'odore per i composti riscontrati nelle indagini.⁽¹⁹⁾

Composto	Soglia Olfattiva [mg/m ³]	Descrizione dell'Odore
Acetaldeide	0.0002	verde, dolce, fruttato
Benzaldeide	0.0008	piacevole, amaro
1,4 Diossano	0.0108	etereo
Butirraldeide	0.0136	dolce, rancido
Propionaldeide	0.0225	dolce, estere
Acroleina	0.0525	bruciato, dolce
Crotonaldeide	0.1050	pungente, soffocante
<i>Metacrilaldeide (metacroleina)</i>	<i>0.1200</i>	-
<i>Isobutirraldeide</i>	<i>0.3-1.0</i>	-
Vinile Acetato	0.3600	fetido, acuto
Metil Vinil Chetone	0.5720	-
Metil Etil Chetone	0.7375	dolce, acetone
Valeraldeide (n-pentanale)	0.7560	dolce, alcoolico
Formaldeide	1.4700	pungente, fieno
Acido Acetico	2.5000	aceto, agro
Benzene	4.5000	dolce, di solvente
Toluene	8.0250	gommoso, naftalina
Acilonitrile	8.1000	pungente come cipolla e aglio
<i>Furano</i>	<i>18.0000</i>	-
1,3 Diossolano	44.5400	dolce, ammufo
Acetone	47.4660	mentolato, dolce
Glicole Etilenico	62.5000	dolce
Dipropilene glicol metil etere	210.0000	etereo
Formiato di Metile	500.0000	piacevole
Acetato di Metile	610.0000	fragrante, fruttato

LEGENDA:

GLICOLI
ALDEIDI
COV

7. CONCLUSIONI

1. La tappa iniziale di “preparazione” allo svolgimento della ricerca – *la fase qualitativa* – si è dimostrata molto rilevante e particolarmente opportuna poiché i risultati ottenuti hanno fornito valide informazioni sulla qualità delle SOV da misurare nella successiva fase di analisi quantitativa, importanza posteriormente confermata dalla sostanziale congruenza fra i risultati qualitativi e quantitativi.
2. Per quanto riguarda il *residuo organico* dopo trattamento termico, nelle condizioni in cui sono state condotte le prove di laboratorio, si è verificato quanto segue:
 - 2.1. *Glicoli* – la cottura a 300°C già è sufficiente a liberare dal prodotto da un minimo di 97% (PEG 400) ad un massimo di 100% (NPG, DPM). Alle temperature superiori provate tutti gli additivi sono stati completamente rimossi dal materiale in cottura.
 - 2.2. *Resine* – il residuo organico è superiore relativamente ai glicoli – dopo cottura a 300°C varia da 5% (ACRM, CMC, PVA) fino al 35% (PAcr-Na). A 900°C sono state completamente rimosse dai supporti.
3. Le principali *Aldeidi* rilevate in emissione, sia dei glicoli come delle resine, sono formaldeide, acetaldeide e propionaldeide. L’additivo con minore emissione complessiva di sostanze del tipo aldeidi è l’Acrilammide. La presenza di SOV in emissione del tipo *Glicoli* è esclusività degli additivi appunto della categoria dei glicoli, ed è ricondotta a fenomeni evaporativi che si intensificano con l’aumento della temperatura di cottura. Per quanto concerne i *COV*, l’acetone è la sostanza più comune alle emissioni in generale, così come l’acido acetico ed il 1,4 diossano. Agli additivi tipo glicole sono associate emissioni più variate di *COV* e con quantità significativa di derivati del diossano e diossolano.
4. Importanti relazioni fra *additivo-temperatura-SOV originate* sono state verificate ed esaustivamente analizzate (§ 6.3.4), originando una importante base di dati di riferimento.
5. Le *emissioni industriali a monte ed a valle del depuratore* (filtro a maniche con priverestimento a calce) sono risultate molto simili per le sostanze organiche analizzate. Pertanto, come per altro atteso, questa tecnologia si dimostra inefficace per l’abbattimento delle SOV, stesso essendo una *BAT* per gli inquinanti classici dell’industria delle piastrelle di ceramica.
6. I risultati delle analisi delle emissioni originate in *forno da laboratorio* ed in *forno industriale* dal trattamento dello stesso prodotto, tenendo in considerazione le importanti differenze fra i due casi, sono qualitativamente equivalenti e quantitativamente simili. Pertanto la metodologia di laboratorio sviluppata può fornire indicazioni

qualitative e semi-quantitative sulla natura e flusso di SOV in un forno industriale nel quale venga cotto il medesimo materiale.

7. L'emissione di *TOC* dagli additivi esaminati varia da 7 mg/g_C (ACRM) a 150 mg/g_C (NPG). In altre parole, corrisponde a meno del 15% del carbonio in ingresso, pertanto almeno l'85% viene combusto.
8. Per *l'analisi del TOC* l'efficacia del campionamento dell'emissione gassosa si è dimostrata di fondamentale importanza per l'affidabilità dei risultati raggiunti, particolarmente nel caso della metodica che impiega il campionamento statico, e particolarmente quando sono presenti composti facilmente condensabili. Il confronto, per una stessa emissione, dei risultati ottenuti con i diversi metodi ha mostrato alcune deviazioni significative fra i corrispondenti valori, senza però che venga alterata significativamente la gerarchia.

Dovuto alla contemporaneità dei risultati ed al controllo termico della linea di prelievo e della valvola di campionamento, il metodo statico si è mostrato più adatto alla ricerca. Per i frequenti controlli industriali invece, bisognerebbe considerare anche l'aspetto sicurezza associato al trasporto di bombole di gas *carrier* (idrogeno), aspetto che privilegia il metodo statico.

9. Il rilievo di *monossido di carbonio* è particolarmente importante per il controllo della combustione per le cotture realizzate in forni a riscaldamento elettrico. A partire dall'elaborazione dei dati rilevati di CO si è notato che: dal 72 % fino al 90 % del carbonio in ingresso viene combusto completamente originando CO₂. Il restante è associato al CO ed alle SOV (come carbonio organico).
10. Dalla valutazione della *tossicità delle SOV* rilevate in emissione derivata dal trattamento termico degli additivi ad alta temperatura, in forno elettrico da laboratorio, si può evidenziare il quanto segue:
 - 10.1. Gli additivi da cui ci sono rilevati i maggiori fattori di emissione di sostanze considerate di *gravissima tossicità* (cancerogene per l'uomo, cancerogene per l'animale, tossiche per lo sviluppo umano e con pericolo di morte per esposizione prolungata) sono PVA, DEG, PVAc e DES.
 - 10.2. Gli additivi da cui ci sono rilevati i maggiori fattori di emissione di sostanze classificate da *frasi di rischio* (R) di particolare pericolosità all'uomo e all'ambiente (definite al § 6.3.10) sono il PVA e PVAc.
 - 10.3. Gli additivi da cui ci sono rilevati i maggiori fattori di emissione di sostanze con bassi valori di *TLV* (< 2 ppm) sono PVAc, DES, DPM, DEG.
 - 10.4. In generale gli additivi che in emissione hanno originato i maggiori fattori di emissione di queste 3 categorie di pericolosità considerate qui, sono PVAc, PVA e DEG. Le migliori performance

sono state rilevate invece per l'ACRM (in assoluto il minor fattori di emissione), DPG e MEG.

10.5. Si sottolinea la tossicità più elevata delle emissioni originate dalle resine e, considerando i glicoli, la considerevole differenza osservata tra MEG e DEG, essendo l'emissione del primo la meno pericolosa.

11. Quanto alla *valutazione odorigena* delle singole SOV riscontrate nelle emissioni si è notato il ruolo importante delle aldeidi (soglia olfattiva bassissima), e dal diossano/diossolano ed i suoi derivati (odore molto sgradevole). Gli additivi che in emissione ci sono rilevate i più alti fattori di emissione di queste sostanze sono:

11.1. Glicoli: MEG, DEG, PEG 400 e PEG 4000

11.2. Resine: PVA, PVAc e PACR-Na.

8. PROSPETTIVE E SUGGERIMENTI DI LAVORI FUTURI:

- Partendo dai risultati quantitativi ottenuti dall'analisi delle emissioni di ogni singolo additivo: **progetto e sviluppo di formulazioni di veicoli serigrafici a basso impatto**. Sperimentazione/sviluppo ed analisi delle emissioni originate in laboratorio (secondo la metodologia proposta in questa ricerca). Valutazione tossicologica e analisi odorimetrica. Prova tecnologica industriale. Studio dell'aspetto olfattometrico delle emissioni industriali. Confronto dei risultati di laboratorio e industriali.
- Effettuare un maggior numero di **prove industriali** confrontando i risultati ottenuti. Provare la ripetibilità della **metodologia di laboratorio** sviluppata.
- Studio e sviluppo di **sistemi di abbattimento/eliminazione delle SOV**, economici ed efficienti, adatti per il settore delle piastrelle ceramiche.
- La dove non ci siano problemi di tossicità con le sostanze odorigene presenti in emissione: **studio di sistemi di abbattimento con l'impiego di tecniche di modificazione dell'odore**, come ad esempio: il *mascheramento* (aggiunta di un'altra sostanza odorigena che interagendo con l'odore originale lo rende più accettabile o meno riconoscibile); la *neutralizzazione* (attraverso la modificazione dell'interazione tra i recettori del naso e le molecole odorigene per cambiare la risposta umana); e l'*antagonismo* (fenomeno dove una miscela di sostanze maleodoranti ha soglia olfattiva più bassa che quella delle singole sostanze singolarmente). Valutare l'applicabilità di queste tecniche.
- Sviluppo e messa a punto di **sistemi di analisi simultanea delle emissioni** quanto al contenuto di SOV.
- **Studio delle emissioni industriali sotto l'aspetto odorigeno**: determinazioni delle quantità di odore emessa dagli impianti ceramici - applicazione al settore della UNI EN 13725 – 2004, con determinazioni delle unità odorigene per metro cubo (ou_E/m^3). Studio della emissione dal forno ceramico, variazione della concentrazione di odore nel tempo.
- Studio delle **emissioni odorigene di origine ceramica nella regione del Comprensorio Ceramico di Sassuolo**.
- Studio di **sistemi alternativi di decorazione e smaltatura** con impiego minimizzato di sostanze organiche.

9. BIBLIOGRAFIA

1. Palmonari, C.: "Inquinamento Atmosferico da Industrie Ceramiche. Studio di un Comprensorio: Sassuolo", Ed. Centro Ceramico, Bologna, 1978.
2. Palmonari, C., Timellini, G.: "Reduction of pollution by the new production technologies in the building ceramics industry", Proc. European Symposium "Clean Technologies", Ed. CCE, p. 523-536, Luxembourg, 1983.
3. Palmonari, C., Timellini, G., Cremonini, F., Maroncelli, M.: "La depurazione delle emissioni gassose", in "Le piastrelle di ceramica. Atti del 6° SIMCER", Ed. Centro Ceramico, p. 83-109, Bologna, 1984.
4. "Metodi Normalizzati di Analisi del Suolo", II Commissione della SISS, Boll. N° 10, Ed. G. Capponi, Firenze.
5. International Chemical Safety Cards - progetto dell'International Programme on Chemical Safety (IPCS), <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/italian.html>.
6. Timellini, G., Busani, G., Palmonari, C., et. al., "Piastrelle Ceramiche e Ambiente. Emissioni Gassose, Acque, Fanghi, Rumore", Edi.cer. S.p.A., Sassuolo, 1995.
7. Mazzali, P., "L'Inquinamento Atmosferico", Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, vol. 9, Pitagora Ed., Bologna, 1989.
8. Bertoni, D., Mazzali, P., Vignali, A., "Analisi e Controllo degli Odori", Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, vol. 28, Pitagora Ed., Bologna, 1993.
9. Guerrieri, G., "La Serigrafia sulle Piastrelle in Ceramica", Faenza Editrice, 1980.
10. Decreto Ministeriale 12/07/1990, "Linee Guida per il Contenimento delle Emissioni Inquinanti degli Impianti Industriali e la Fissazione dei Valori Minimi di Emissione".
11. Bertacchi, M., Fornaciari, S., Iori, L., Capuano, F., Benassi, C., "Emissione di sostanze odorigene provenienti da attività ceramica di serigrafia", *Ceramica Acta*, n. 1/95, p. 21-31.
12. Busca, G., Pistarino, C., "Purificazione di reflui gassosi da sostanze maleodoranti", *IA - Ingegneria Ambientale*, vol. 11-12, nov-dic 2003, p. 604-610.
13. Francalancia, G., "Il problema delle emissioni odorigene da attività industriali", *L'Ambiente*, 1/06, p. 16-21.
14. Agostinelli, S., "Inquinamento odorigeno", *Regioni e Ambiente*, n. 6, giugno 2005, p. 29-31.
15. Sironi, S., Centola, P., Del Rosso, R., Il Grande, M., "Le analisi in un laboratorio olfattometrico", *Laboratorio 2000*, n. 3, marzo 2004.

16. Ascari C., “Additivi organici nella produzione ceramica: studio della pirolisi e conseguente emissione di sostanze odorogene”, Tesi di laurea, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Chimica, 1996-1997, relatori: Zannini P., Franchini G.C.
17. Veronesi M., “Studio della dissociazione termica di additivi organici nella produzione di piastrelle ceramiche”, Tesi di laurea, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Chimica, 1997-1998, relatori: Zannini P., Franchini G.C.
18. Padoa, L.: “La Cottura dei Prodotti Ceramici”, Faenza Editrice, 1975.
19. Ruth, L. H., “Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: a review”, American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 47, n. 3, March 1986, p. A-142 – A-151.
20. A.A.V.V.: “Tecnologia Ceramica Applicata”, Vol. I, II, Sacmi Imola, Ed. La Mandragora s.r.l., 2001.
21. Melchiori, M.: “Monitoraggio dell’odore”, Regioni e Ambiente, n. 6, giugno 2005, p. 32-33.
22. Piccinini, F.: "Studio sul comportamento termico e sulle emissioni derivanti dall'utilizzo di sostanze organiche come veicoli nella preparazione di inchiostri per la decorazione di piastrelle ceramiche", tesi di laurea, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Chimica, a.a. 2001-2002, relatore Zannini, P.
23. A.A.V.V.: “Il Controllo delle Emissioni dagli Impianti Ceramici”, supplemento a CER, n. 3, marzo 2003, EDI.CER., Sassuolo.
24. Wallace, L. A.: “Human exposure to Volatile Organic Pollutants: implications for indoor air studies”, Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 26: 269-301, November 2001.
25. Fabbri, N., Robino, P., Simonelli, G.: “Quaderni di Analisi Chimica Strumentale: Gascromatografia”, Creative Commons - Stanford, Pisa, 2004.
26. Skoog, D.A., Leary, J.J.: “Chimica analitica strumentale”, EdiSES, Napoli, 1995.
27. A.A.V.V.: “La Smaltatura e Decorazione delle Piastrelle Ceramiche”, Acimac, SALA Ed., Modena, febbraio 2000.
28. A.A.V.V.: “La Smaltatura delle Piastrelle in Ceramica”, Società Italiana per la Ceramica, Assiceram, Faenza Ed., 1979.
29. Polesello, A., Polesello, S., “Tecniche e attrezzature: prelievo del campione”, Laboratorio 2000, n. 6, giugno-luglio 1997.
30. Emiliani, G. P., Corbara, F.: “Tecnologia Ceramica. La Lavorazione”, Collana Tecnologia Ceramica, vol. II, Faenza Ed., settembre 1999.
31. EPA TO 11A: “Determination of formaldehyde in ambient air using adsorbent cartridge followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology], in

- “Compendium of Methods for the Determination of Toxic Compounds in Ambient Air”, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, January 1999.
32. NIOSH 5523: Glycols, in “NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), U.S. National Institute for Occupational Safety and Health, fourth edition, issue 1, May 1996.
 33. UNI EN 13526:2002
 34. UNI EN 13649:2002
 35. UNI EN ISO 16017-1:2002
 36. Bond R., Straub, C, Prober R.: “CRC Handbook of Environmental Control”, vol. I: Air Pollution, CRC Press Inc., Boca Raton Florida, 4th print, 1980.
 37. Dravnieks, A.: “Atlas of Odor Character Profiles”, ASTM Data Series DS 61, Baltimore MD, July 1985.
 38. Fazzalari, F.A.: “Compilation of odor and taste threshold values data”, ASTM Data Series DS 48A, Baltimore MD, 1978.
 39. Palmonari, C., Timellini, G.: “Air Pollution from the ceramic industry. Pollutant emission factors and chemical-physical characterization of gaseous emissions according to product type and manufacturing technology”, in Clean Air Congress’86, International Union of Air Pollution Prevention Associations, Vol. 1, p. 76-84, Sidney, Australia, August 1986.
 40. Perrin, M.L., Fauconnier, J.M., MacLeod, P., Perret, R.: “Etude des odeurs dans une zone industrielle”, in Clean Air Congress ’86, International Union of Air Pollution Prevention Associations, Vol. 1, p. 391-400, Sidney, Australia, August 1986.
 41. Martin, G., Le Cloirec, P., Laplanche, A., Lemasle, M., Gillet, M.: “Etude de situations de pollutions odorante dans divers effluents industriels. Concentrations. Priorites et possibilites de desodorisation”, in Clean Air Congress’86, International Union of Air Pollution Prevention Associations, Vol. 1, p. 401-408, Sidney, Australia, August 1986.
 42. Noll, K. E., Miller, T. L.: “Air Monitoring Survey Design”, Ann Arbor Science Publishers Inc., cap. IX – “Analytical methods for measuring air pollutants”, Michigan, 1977.
 43. Sittig, M.: “Pollution Detection and Monitoring Handbook”, Noyes Data Corp., New Jersey, 1974.
 44. Robinson, E., Robbins, R. C., “Emissions, concentrations, and fate of gaseous atmospheric pollutants”, in Air Pollution Control, Part II, edited by Strauss W., Wiley-Interscience, John Wiley and Sons, p. 1-93, 1972.
 45. Thain, W.: “Monitoring Toxic Gases in the Atmosphere for Hygiene and Pollution Control”, Pergamon Press, Oxford, 1980.

46. Seinfeld, J. H.: "Air Pollution. Physical and Chemical Fundamentals", McGraw-Hill, 1975.
47. Danielson, J. A.: "Air Pollution Engineering Manual", EPA – U. S. Environmental Protection Agency, second edition, Los Angeles, may 1973.
48. Flesh, R. D., Turk, A.: "Social and economic effects of odors", in "Industrial Odor Technology Assessment", editors: Cheremisinoff, P. N., Young, R. A., chapter 4, Arbor Science Publishers, p. 57-74, Michigan, 1975.
49. Dolan, W. P.: "Gas chromatographic analysis of organic emissions", in "Industrial Odor Technology Assessment", editors: Cheremisinoff, P. N., Young, R. A., chapter 7, Arbor Science Publishers, p. 95-100, Michigan, 1975.
50. Habib, Y. H.: "Odor emission sources in the chemical and petroleum industries", in "Industrial Odor Technology Assessment", editors: Cheremisinoff, P. N., Young, R. A., Arbor Science Publishers, p. 189-201, Michigan, 1975.
51. Bhatia, M. V., Cheremisinoff, P. N.: "Combustion methods for odor control", in "Industrial Odor Technology Assessment", editors: Cheremisinoff, P. N., Young, R. A., Arbor Science Publishers, p. 215-254, Michigan, 1975.
52. A.A.V.V.: "Relazione sullo stato dell'ambiente nella provincia di Modena", a cura dell'Assessorato difesa del suolo e dell'ambiente, Amministrazione Provinciale di Modena, 1982.
53. Stern, A. C., Wohlers, H. C., Boubel, R. W., Lowry, W. P.: "Fundamentals of Air Pollution", Academic Press, New York, 1973.
54. Zecchini, F.: "Il cambiamento globale del clima", in "Introduzione alla Chimica Verde", Green Chemistry series n. 9, Venezia, 2004.
55. A.A.V.V.: "26^a Indagine Statistica Nazionale. Industria Italiana delle Piastrelle di Ceramica. Anno 2005", Assopiastrelle, Sassuolo, 2006.
56. Giacomini, P.: "Produzione e consumo mondiale di piastrelle di ceramica", CWR – Ceramic World Review, n. 68, p. 58-76, luglio-settembre 2006.
57. Zoboli, M.: "Verifica del Metodo EPA-TO-11: Determinazione di Formaldeide ed altre Aldeidi mediante Campionamento su Fiala Chemiadsorbente (DNPH) ed analisi HPLC", tesi di laurea in Scienze Chimiche, Università di Modena e Reggio Emilia, A.A. 2002/2003.
58. Kennedy, E.R.; Fischbach, T.J.; Song, R; Eller, P.M.; Shulman, S.A.: "Guidelines for Air Sampling and Analytical Method Development and Evaluation", U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH), Publication No. 95-117, Cincinnati, may 1995.
59. Posner, J. C.: "Portable gas chromatography", "NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), U.S. National Institute for

- Occupational Safety and Health, fourth edition, cap. I, p. 75-81, may 1996.
60. Lund, R.: “Industrial Pollution Control Handbook”, chapter 9 – “Research programs for air and water pollution control”, author Zuzik, J. B., Mc Graw-Hill, 1971.
 61. Lund, R.: “Industrial Pollution Control Handbook”, chapter 14 – “Pollution control in the chemical industry”, author Spencer, E. F., Mc Graw-Hill, 1971.
 62. A.A.V.V.: “SAD – Gli approfondimenti per il monitoraggio/ miglioramento della qualità dell’aria”, SAD – Sostenibilità Ambientale del Distretto Ceramico, a cura dell’ARPA – sezione provinciale di Modena e Reggio Emilia, disponibile sull’Internet: www.arpa.emr.it/documenti/emas/GliapprofondimentiSAD.pdf
 63. A.A.V.V.: “L’EMAS applicato al Distretto Ceramico di Modena e Reggio Emilia. Il Programma Ambientale del Distretto Ceramico”, dicembre 2002, disponibile sull’Internet: www.arpa.emr.it/documenti/emas/ceramico_07.pdf, www.arpa.emr.it/documenti/emas/ceramico_08.pdf
 64. A.A.V.V.: “Sostenibilità Ambientale Distretto Ceramico”, a cura dell’ARPA – sezione provinciale di Modena e Reggio Emilia, disponibile sull’Internet:
 Il Progetto SAD - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_progetto.pdf,
 Introduzione - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_intro.pdf,
 I determinanti - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_determinanti.pdf,
 Acqua - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_acqua.pdf,
 Aria - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_aria.pdf,
 Suolo - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_suolo.pdf,
 Elettromagnetismo - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_cem.pdf,
 Rumore - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_rumore.pdf,
 Rifiuti - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_rifiuti.pdf,
 Energia - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_energia.pdf,
 Natura e Biodiversità - www.arpa.emr.it/documenti/emas/sad_natura.pdf.
 65. A.A.V.V.: “L’EMAS applicato al Distretto Ceramico di Modena e Reggio Emilia. Analisi Ambientale Iniziale – Documento di sintesi”, ERVET, ARPA, Centro Ceramico Bologna, aprile 2002.
 66. Palmonari, C.; Timellini, G.: “A indústria de revestimentos italiana e o meio ambiente”, *Cerâmica Industrial* 7 (1), jan/fev, p. 7-11, São Paulo, 2002.
 67. Frey, M.; Gorla, N.; Iraldo, F.; Timellini, G.; Carnevali, G.; Campagnano, M; Canetti, A.; Galassini, L.: “Ambiente, Igiene, Sicurezza”, Assopiastrelle, Centro Ceramico Bologna, IEFE dell’Università Bocconi, Sassuolo, 1998.

68. Timellini, G.: “Impatto Ambientale dei Processi Ceramiche”, dispense del corso di perfezionamento in ingegneria ceramica, Università Degli Studi di Bologna, Centro Ceramico Bologna, 1998.
69. Blasco, A.; Escardino, A.; Busani, G.; Monfort, E.; Amorós, J.L.; Enrique, J.; Beltrán, V.; Negre, P.: “Tratamiento de Emisiones Gaseosas, Efluentes Líquidos y Residuos Sólidos de la Industria Cerámica”, ITC, AICE, Faenza Editrice, 1992.
70. A.A.V.V.: “Rapporto Integrato 1998 – Ambiente, Energia, Sicurezza – Salute, Qualità”, Centro Ceramico Bologna e Fondazione Eni Enrico Mattei, Sassuolo, 1998.
71. Carnimeo, G.; Iraldo, F.: “LCA e Politiche Ambientali di Prodotto”, *Ceramica Acta*, 13, n 3, p 40-47, 2001.
72. Marino, L.F., Forti, S., Guaitoli, L., Piccinini, I., Poppi, M., Timellini, G.: “Emissione di Sostanze Organiche Volatili dalla Cottura di Piastrelle di Ceramica. Relazioni con gli Additivi Organici Utilizzati”, *in*: VIII Congresso “Chimica Sostenibile & Tecnologie Ambientali: Stato dell’Arte e Prospettive”, Università di Bologna, INCA, Bologna, marzo 2006.
73. D.P.R. 203/88. Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203. Testo coordinato aggiornato al D.M. 2 aprile 2002, n. 60 art. 40.
74. D.M. 25 agosto 2000: “Aggiornamento dei metodi di campionamento, analisi e valutazione degli inquinanti ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1986, n. 203”. Supplemento alla Gazzetta Ufficiale 23 settembre 2000 n. 223.
75. IPPC H4 – Technical Guidance Note. Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC): Draft “Horizontal Guidance For Odour – Part 1: Regulation and Permitting”, Environment Agency for England and Walles – Scottish Environment Protection Agency - Northern Ireland Environment and Heritage Service, draft october 2002.
76. IPPC H4 – Technical Guidance Note. Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC): Draft “Horizontal Guidance For Odour – Part 2: Assessment and Control”, Environment Agency for England and Walles – Scottish Environment Protection Agency - Northern Ireland Environment and Heritage Service, draft october 2002.
77. Sito internet: www.nonsoloaria.com, consulta a febbraio 2007.
78. EN 13725:2003 - *Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*, april 2003.
79. EN 13725:2003/AC:2006 - *Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry*, january 2006.
80. Villa, V.: “Il controllo delle emissioni industriali”, *Laboratorio* 2000, n. 7, ago-set 2003.

10. APPENDICE

Appendice A

UNI EN 13526:2002

Determinazione della concentrazione in massa del carbonio organico totale
in forma gassosa.

Metodo in continuo con rivelatore a ionizzazione di fiamma.

Appendice B

Metodo EPA –TO-11

Determinazione di Formaldeide ed altre aldeidi mediante campionamento su fiala chemiadsorbente (DNPH) ed analisi HPLC.

Appendice C

Metodo NIOSH 5523

Determinazione di Glicoli in effluenti gassosi mediante adsorbimento su resina XAD-7 e determinazione gascromatografica.

Appendice D

UNI EN 13649:2002

Determinazione della concentrazione in massa di singoli
composti organici in forma gassosa.

Metodo mediante carboni attivi e desorbimento con solvente

Appendice E

UNI EN ISO 16017-1:2002

Campionamento ed analisi di composti organici volatili in forma gassosa
mediante tubo di adsorbimento/desorbimento termico
cromatografia gassosa

Appendice F

Schede tossicologiche: SOV identificate nelle emissioni gassose da cottura
di prodotti ceramici con additivi organici
International Chemical Safety Cards (ICSC)

Appendice G

Elenco delle Frasi di Rischio “R” e Consigli di Prudenza “S”.

ICS 13.040.40

English version

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon in flue gases from solvent using processes - Continuous flame ionisation detector method

Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration des gesamten gasförmigen organisch gebundenen Kohlenstoffs in Abgasen von Prozessen, bei denen Lösungsmittel eingesetzt werden - Kontinuierliches Verfahren unter Verwendung eines Flammenionisationsdetektors

This European Standard was approved by CEN on 29 September 2001.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 2001 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 13526:2001 E

Contents

	page
Foreword	3
1 Scope	3
2 Normative references	4
3 Terms and definitions	4
4 Principle	6
5 The apparatus and gases	8
6 Measurement procedure	10
Annex A (informative) Measurement uncertainty and associated statistics	13
Annex B (normative) Determination of the performance characteristics of a FID	15
Annex C (informative) Published response factors for typical components in flue gases of waste incineration plants and in exhaust air from non-thermal plants	17
Annex D (informative) Safety measures	19
Annex E (informative) Recommended minimum operational requirements for long term continuous monitoring applications	20
Annex F (informative) Calculation of total organic carbon mass concentration from volume concentrations	21
Bibliography	22

Foreword

This European Standard has been prepared by Technical Committee CEN/TC 264 "Air Quality", the secretariat of which is held by DIN.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by May 2002, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by May 2002.

This European Standard has been prepared under a mandate given to CEN by the European Commission and European Free Trade Association.

The annex B is normative. The annexes A, C, D, E and F are informative.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

1 Scope

This European Standard specifies a set of minimum performance requirements for an instrument using flame ionisation detection, together with procedures for its calibration and operation, for the measurement of the mass concentration of total gaseous organic carbon (TOC) in flue gases.

This European Standard is suitable for the measurement of gaseous or vapour phase TOC emissions from Solvent Using Processes.

NOTE 1 See Council Directive 1999/13/EEC.

The results obtained using this standard are expressed in milligrams per cubic metre as total carbon (mg/m^3). This standard is suitable for the measurement of concentrations from $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ to $500 \text{ mg}/\text{m}^3$ but can be used at lower concentrations.

NOTE 2 By its nature a flame ionisation detector (FID) can also be used to measure higher concentrations.

The method specified in this European Standard can be used as a reference method or, with suitable minimum operational requirements, for continuous monitoring. It can also be used for the calibration of automated measuring systems. An indication of the uncertainty of the measurement is shown in annex A.

2 Normative references

This European Standard incorporates, by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text, and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

EN 13649	Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds – Activated carbon and solvent desorption method.
ISO 5725-1	Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 1: General principles and definitions.
ISO 6879	Air quality - Performance characteristics and related concepts for air quality measuring methods.
ISO 9169	Air Quality – Determination of performance characteristics of measurement methods.

3 Terms and definitions

For the purpose of this CEN Standard, the following definitions apply.

3.1

combustion air

air supply used for the combustion of fuel gas in an instrument using flame ionisation detection

3.2

complimentary gas

component of a calibration gas mixture which completes a calibration gas mixture

3.3

detection limit

minimum concentration of a substance which produces an observable response, as detailed in annex B and referred to in ISO 9169

3.4

dilution gas

gas used to dilute sampled flue gas to prevent water condensation

3.5

flame ionisation detector (FID)

instrument using flame ionisation detection

3.6**flue gas**

product from a combustion or incineration process containing gaseous and particulate components

3.7**fuel gas**

gas of known composition used to maintain the flame of the FID

3.8**mass concentration of gaseous total organic carbon**

quotient of the mass of total organic carbon to the volume of the dry gas under specified reference conditions of temperature and pressure, normally expressed in milligrams per cubic metre as total carbon (mg/m^3)

3.9**range**

set of values for a measurand for which the error of a measuring instrument is intended to lie within specified limits

3.10**response factor**

dimensionless quotient of the response of the FID with any carbon based compound or compounds to its response to propane, in each case referred to the number of carbon atoms of the molecule

3.11**response time**

time which elapses between the moment when a change is produced and the moment when the instrument response reaches a value of 90 % of the final change in instrument response as a consequence of a stepwise change in the total organic carbon concentration

3.12**span gas**

gas used to adjust and check one point on the calibration curve

3.13**total organic carbon (TOC)**

by convention the total gaseous organic carbon which is measured by the FID and expressed as mg/m^3

3.14**zero gas**

gas used to adjust and check the zero point on a calibration curve

4 Principle

4.1 General

There are two elements to the extractive TOC analytical system described in this standard. They are the FID and the associated sampling device.

4.2 Flame ionisation detector

The measurement principle is the determination of an ionisation current resulting from the combustion of organic compounds in a hydrogen flame. This current depends on the number of C-atoms of organic compounds burning in the fuel gas flame, the form of bonding (straight chain or branched chain) and of bonding partners.

The response factor is a function of the specific design of the detector and the adjusted operating conditions.

The main advantage of the FID is that it responds strongly to organic carbon containing components and less to inorganic flue gas components (such as CO, CO₂, NO, H₂O).

FIDs require a fuel gas and combustion air.

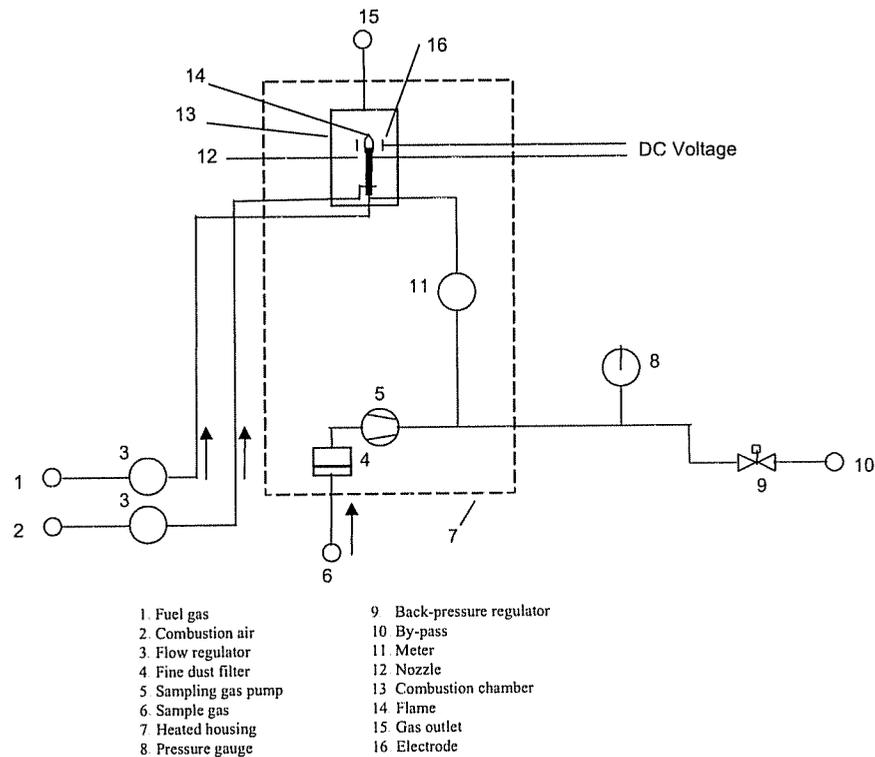


Figure 1: Diagram of the FID measuring principle (example)

A number of different instrument configurations exist. Figure 1 indicates the principle whereby in the detector a sample gas is fed into a hydrogen flame across which a DC electrical potential is placed. The introduction of the sampled gas causes a specific ionisation current to flow, which is measured using suitable equipment.

Defined test gases are required to determine the response factors. These can be produced by a number of methods including static methods (with gas collectors or direct injection) or dynamic methods (e.g. vapour pressure method or certified test gases from compressed gas bottles).

The span of the instrument shall be adjusted with propane span gas for which the response factor, defined in this standard, has been set at 1.

4.3 Sampling and sampling device

The following principles shall be followed during sampling:

- sampling is the process of extracting from a large quantity of flue gas a small portion which is truly representative of the composition of the main gas stream;
- the sampling device is equipped with a filter to remove fine particles which could clog the burner. Condensation downstream of the filter shall be avoided, two methods can be used:
 - a line heated up to the inlet of the analyser,

- a suitable dynamic dilution device.

5 The apparatus and gases

5.1 Apparatus

5.1.1 The FID

The FID shall be shown by the manufacturer to comply with the minimum performance requirements defined in Table 1.

NOTE When used in a continuous mode the instrument should be subject to a periodic functional test which will be specified in subsequent European Standards.

Table 1 - Minimum performance requirements of FIDs - without sampling equipment

Performance characteristics (see Note 1)	Minimum performance requirements
Minimum measuring range	0 mg/m ³ to 50 mg/m ³ , 150 mg/m ³ or 500 mg/m ³
Detection limit	5 % of the emission limit value
Response time (0 % to 90 %)	less than 1 min
Linearity deviation	permissible deviation 5 % of emission limit
Range of response factors (see Note 2)	permissible range
Methane	0,9 to 1,2
Aliphatic hydrocarbons (see Note 3)	0,9 to 1,1
Aromatic hydrocarbons (see Note 4)	0,8 to 1,1
Aliphatic alcohols (see Note 5)	0,7 to 1,0
Esters (see Note 6)	0,7 to 1,0
Ketones (see Note 7)	0,7 to 1,0
Organic acids (see Note 8)	0,5 to 1,0
Effect of oxygen (see Note 9)	permissible interference: 5 % of emission limit
<p>NOTE 1 The methods for determining instrument characteristics are given in annex B.</p> <p>NOTE 2 Examples of typical response factors are given in annex C.</p> <p>NOTE 3 For the purpose of this standard the aliphatic hydrocarbons may be represented by two of ethane, butane, hexane, heptane, octane or cyclohexane.</p> <p>NOTE 4 For the purpose of this standard the aromatic hydrocarbons may be represented by benzene and toluene.</p> <p>NOTE 5 For the purpose of this standard aliphatic alcohols may be represented by two of methanol, ethanol or propanol.</p> <p>NOTE 6 For the purpose of this standard esters may be represented by ethyl acetate, or isobutyl acetate.</p> <p>NOTE 7 For the purpose of this standard ketones may be represented by acetone.</p> <p>NOTE 8 For the purpose of this standard organic acids may be represented by acetic acid.</p> <p>NOTE 9 For flue gases with an oxygen content of less than 18 % the effect of oxygen shall be determined as shown in annex B.</p>	

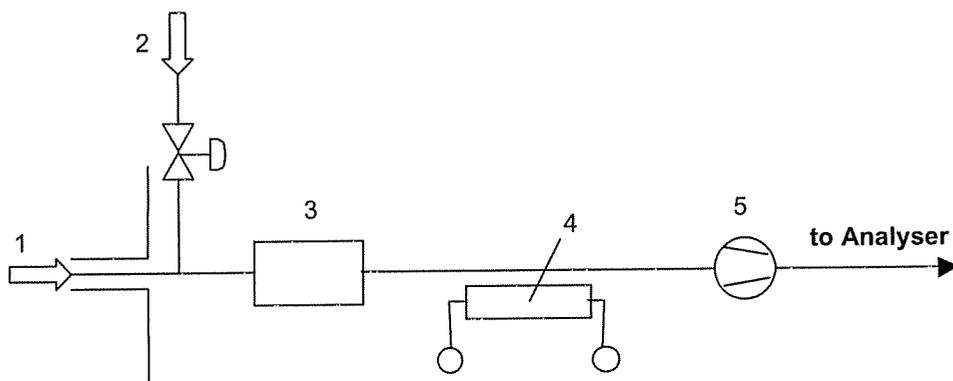
5.1.2 Sampling device

The sampling device shall be designed to take account of the flue gas characteristics:

- it shall be made of a material that is chemically and physically inert to the constituents of the flue gas under analysis;

NOTE Stainless steel, polytetrafluoroethylene or polypropylenefluoride are well proven construction materials.

- it shall be designed to ensure a sample residence time less than 1 minute;
- it shall be constructed to avoid condensation in the sampling line, several alternative methods are suitable:
 - heated sampling line. The line shall be heated throughout and where measurements are taken in hot gases the temperature of the coolest point shall be at least 20 °C above the flue gas temperature and shall not exceed 200 °C. An example is shown in Figure 2;
 - dynamic dilution. A suitable device is shown in EN 13649.
- the sampling line shall include a filtering device (upstream) to trap all particles liable to impair the operation of the apparatus.



- 1 Gas sampling probe
- 2 Span and zero gas supply
- 3 Heated particulate filter (can be in-stack or ex-stack)
- 4 Heating jacket or heating bondage
- 5 Heated sampling pump

Figure 2 - Example of a sample device used for TOC sampling

5.2 Operational gases

A number of operational gases are required when using the standard. If these are supplied in compressed gas cylinders they shall be fitted with regulators.

5.2.1 Combustion air

The TOC concentration of the combustion air shall not exceed 1 % of the emission limit value.

5.2.2 Fuel gases

The fuel gas shall be provided and used according to the specifications of the equipment manufacturer, it may be:

- hydrogen;
- hydrogen/helium mixture;
- hydrogen/nitrogen mixture.

The concentration of TOC should not exceed 1 % of the emission limit value.

NOTE 1 Gases with a purity of 99,998 % (percent by volume) usually meet this requirement.

NOTE 2 The fuel gas pipe should be made from stainless steel or copper.

5.2.3 Zero and dilution gas

Clean or synthetic air should be used for zero and dilution air provided that the concentration of TOC does not exceed 1 % of the emission limit value.

5.2.4 Span gas

The span gas component shall be propane. It shall be prepared in a complimentary gas which has a TOC concentration not exceeding 1 % of the emission limit value. It shall have a known concentration and the analysis shall have a maximum permissible uncertainty of 2 %. The span gas should have a TOC concentration of approximately 80 % of the measuring ranges given in Table 1.

6 Measurement procedure

6.1 General

The following text describes the routine operation procedures required by the standard, a more detailed procedure for determining the instrument performance characteristics is given in annex B.

6.2 Adjustments and checks

6.2.1 Instrument adjustment

The FID shall be set up according to the manufacturer's instructions in order to ensure that the instrument is correctly adjusted to meet the requirements of Table 1. The safety procedures detailed in annex D shall be followed.

The zero and span gas shall be introduced under the same flow and pressure condition using the sample port or according to the manufacturers instructions when using individual zero and span ports. The adjustment procedure shall be as follows:

- a) feed the zero gas into the FID and set the zero;
- b) feed the span gas and adjust the instrument accordingly;
- c) feed the zero gas into the FID once more and check that the reading returns to zero; if not repeat Steps a) to c).

6.2.2 Instrument and sampling device checks

Steps a) to c) of 6.2.1 shall be repeated by introducing the zero and span gases via the sample probe (see Figure 2). If there is a greater than 5 % difference between the span readings using 6.2.1 and 6.2.2 then the FID and sampling system shall be inspected.

When used as a reference method the zero and span checks shall be made before and after the measurement period and checked not less than twice per day.

When used in a continuous mode suitable minimum operational requirements should be met, see annex E.

6.3 Data collection

The FID analyser shall be capable of providing a continuous output of the measured TOC concentration. A continuous record shall be made of negative readings (live-zero signal) in order to detect and, if necessary, correct for drift. Zero and span adjustments shall be recorded for quality control purposes.

The content, by volume, of water in the flue gas shall be determined during the sampling period if this measurement value is required to refer the TOC concentrations to dry flue gas. If the oxygen content in the flue gas is a reference parameter it shall also be measured.

6.4 Calculation

The results of the measurement shall be expressed in TOC equivalents as a concentration at reference conditions in milligrams per cubic metre. The calculation of total organic mass concentration from the measured volume concentration is described in annex F. The measured TOC concentration can be referred to dry flue gas conditions using equation (1).

$$c_n = c_i \times \left[\frac{100}{100 - H} \right] \quad (1)$$

where

- | | |
|-------|---|
| c_n | is the TOC concentration in milligrams per cubic metre (mg/m^3) (273 K, 1013 hPa) referred to dry flue gas; |
| c_i | is the TOC concentration in milligrams per cubic metre (mg/m^3) (273 K; 1013 hPa) in the wet flue gas; |
| H | is the measured percentage by volume of water in the flue gas. |

6.5 Test report

The test report shall refer to this standard, and shall include the following information:

- a) Description of the purpose of the tests;
- b) Description of the sampling and measurement equipment, performance characteristics of the measuring equipment used as listed in Table 1, the range, composition of the span gas, and the date of the last functional test;
- c) Identification of the sampling location;
- d) Description of the operating conditions of the plant process and any variation during measurement (failing which, a minimum of information should be included to enable the data to be gathered from the operating record books, e.g. date, time);
- e) Results obtained, including the data, the mean values determined, the averaging periods and the result of any checks;
- f) The standard reference conditions used for correcting measured data.

Annex A (informative)

Measurement uncertainty and associated statistics

This measurement procedure was tested on a thermal oxidiser operating on a solvent using process, using a variety of commonly available FIDs and the results, calculated according to ISO 5725-1, are shown in Table A.1.

Table A.1 - Field Test Results from a thermal oxidiser using several FID analyser models operated by two teams

Range of measured values	Mean TOC Concentration		Standard deviation <i>s</i>	No. of values <i>n</i>	No. of instruments	Uncertainty 95 % confidence level <i>U</i>
	Prior to the oxidiser	After the oxidiser				
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³			mg/m ³
less than 10	-	8,1	0,4	39	6	0,8
10 to 20	-	12,1	0,9	12	6	2,0
above 200	592	-	14,2	44	2	28,9

Source: Field report for FID analysers, dk-Teknik, June 1998

By comparison typical results from a paired test using two identical instruments operating on a municipal waste incinerator are shown in Table A.2.

Table A.2 - Results of a test with one FID model (double test with two identical devices) operating on a municipal waste incinerator

Range of measured values	Mean value	Standard deviation <i>s</i>	No. of values	Uncertainty 95 % confidence level <i>U</i>
mg/m ³	mg/m ³	mg/m ³	n	mg/m ³
less than 1	0,55	0,14	174	0,28
1 to 5	1,99	0,18	31	0,35
5 to 10	6,88	0,19	68	0,38
10 to 15	13,04	0,21	22	0,42

Source: TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH, Bericht Nr.: 936/803017/1 vom 28.03.1995

For both Tables A.1 and A.2 the uncertainty, *U*, of the measurement results was calculated using equations A.1, where *t* is the student *t* value.

$$U = t_{n-1} \times s \quad (\text{A.1})$$

Annex B (normative)

Determination of the performance characteristics of a FID

B.1 General

Before determining the main performance characteristics of a FID the instrument shall be set up according to the procedure detailed in 6.2.1.

B.1.1 Checking the linearity of the FID

Five or six span gas concentrations distributed evenly over the measuring range shall be used to demonstrate that the FID has a linear calibration curve.

B.1.2 Detection limit

To determine the detection limit (X) first adjust the zero point of the FID then carry out a minimum of 30 determinations within a period of about one hour by feeding zero gas alternatively with flue gas or span gas into the FID, noting the reading and calculating the result using the following formula:

$$X = 2 s_{XO} \quad (B.1)$$

where:

s_{XO} is the standard deviation, expressed as TOC in milligrams per cubic metre, of the zero gas readings.

B.1.3 Determination of the effect of O₂

O₂ can effect the instrument response. To determine the effects of O₂ the following test gases shall be used.

Zero gases

- a) 100 % nitrogen;
- b) 90 % nitrogen and 10 % oxygen (by volume);
- c) 80 % nitrogen and 20 % oxygen (by volume).

Span gases

- a) 100 % nitrogen + propane X mg/m³;
- b) 90 % nitrogen and 10 % oxygen (by volume)+ propane X mg/m³;
- c) 80 % nitrogen and 20 % oxygen (by volume)+ propane X mg/m³,

where

X is approximately 75% of the respective emission limit value.

NOTE The effect of oxygen interference can be reduced by using zero and span gases with a similar oxygen concentration to the flue gas.

B.1.4 Determination of response time

Pass span gas into the FID.

The response time is the average time interval between feeding in the span gas and reaching 90 % of the final span gas mass concentration reading (see ISO 6879).

B.1.5 Determination of response factors

To determine the response factors comparative measurements shall be made between the organic components being investigated and propane.

$$f_c = \frac{\frac{S_i}{c_{c,i}}}{\frac{S_{\text{ref}}}{c_{c,\text{ref}}}} \quad (\text{B.4})$$

where

f_c	is the carbon-related response factor;
S_i	is the reading of the FID (measurement signal) for substance I;
S_{ref}	is the reading of the FID (measurement signal) for propane;
$c_{c,i}$	is the carbon concentration of substance i in milligrams per cubic metre (273 K; 1013 hPa);
$c_{c,\text{ref}}$	is the carbon concentration of reference compound in milligrams per cubic metre (273 K; 1013 hPa).

The carbon-related response factor can be calculated from the measuring apparatus readings when admitting a test gas with organic components being investigated.

The response factors shall be determined using a dynamic method or its equivalent.

Annex C (informative)

Published response factors for typical components in flue gases of waste incineration plants and in exhaust air from non-thermal plants

The following data has been compiled from various sources for the purpose of developing this standard.

Table C.1 - List of the response factors of components in flue gases of waste incineration plants*

Component	No of FID	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Methane	8	1,11	0,10	1,02	1,26
n-Propane	8	1,01	0,01	1,00	1,03
Ethyne (Acetylene)	8	1,05	0,11	0,91	1,21
Benzene	8	1,04	0,05	0,97	1,14
Ethylbenzene	7	0,93	0,07	0,88	1,06
p-Xylene	8	0,97	0,10	0,82	1,08
Chlorobenzene	6	1,09	0,07	1,01	1,18
Tetrachloroethene	8	1,17	0,12	1,04	1,38

Source: TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH, vom 12.1996

Table C.2 - List of the response factors of further components in flue gases of waste incineration plants*

Component	No of FID	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
Ethane	2	1,01		1,00	1,02
n-Butane	6	1,00	0,01	0,98	1,02
n-Hexane	6	0,98	0,12	0,85	1,22
n-Octane	3	0,94		0,83	1,06
iso-Octane	5	0,99		0,95	1,03
Propene	4	0,95		0,84	1,00
Methanol	6	0,78	0,09	0,69	0,95
Ethanol	10	0,70	0,10	0,57	0,85
Butanol	3	0,82		0,78	0,88
Acetic Acid	8	0,69	0,28	0,51	1,17
Methylacetate	2	0,68		0,66	0,69
Dichloromethane	8	1,06	0,14	0,84	1,20
Chloroform (Trichloromethane)	4	0,79		0,74	0,84
Trichloroethene	8	1,05	0,05	0,99	1,14

Source: TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH, vom 12.1996

Table C.3 - List of the response factors of components in exhaust air* (non thermal plants)*

Component	No of FID	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
n-Butane	8	1,00	0,01	0,98	1,02
n-Heptane	10	0,96	0,04	0,91	1,04
Cyclohexane	8	0,99	0,05	0,93	1,07
Isopropanol	10	0,77	0,03	0,71	0,82
Acetone	8	0,76	0,08	0,69	0,93
Ethylacetate	8	0,76	0,08	0,69	0,93
Isobutylacetate	10	0,83	0,05	0,70	0,86
Toluene	8	1,00	0,07	0,90	1,08

Source: TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH, vom 12.1996

Annex D

(informative)

Safety measures

When using the FID attention should be given to the general working environment and any associated local safety instructions (including the possible need for explosive proved equipment).

The flame should be controlled using a temperature sensor in the analyser. In case of malfunction, leading to flame failure or a decrease of the flame temperature, a valve should automatically close the fuel gas flow upstream of the burner.

In the case of indoor use laboratory safety rules should be applied. In addition it is advisable that the FID is fitted with a safety system to automatically shut down the gas flow in case of a pressure drop after the fuel gas pressure regulator.

All exhaust fumes from the FID, both burner and bypass (if fitted) should be vented to and external safe area.

Annex E
(informative)

Recommended minimum operational requirements for long term continuous monitoring applications

Table E.1 - Recommended minimum operational requirements

Performance characteristics	Numerical value
Zero drift	permissible deviation 5 % of emission limit value within the period of unattended operation
Span drift (sensitivity drift)	permissible deviation 5 % of emission limit value within the period of unattended operation
Temperature responsive zero drift	permissible deviation 5 % of emission limit value with a 10 °C ambient temperature change within the allowable temperature range.
Temperature responsive span drift	permissible deviation 5 % of emission limit value with a 10 °C ambient temperature change within the allowable temperature range
Allowable ambient temperature ranges	between at least 5 °C and 40 °C.
Zero point reading	Live-zero at about 10 % or 20 % of full scale
NOTE Minimum operational requirements and associated quality control procedures are currently under consideration by CEN TC 264 „Air Quality“.	

Maintenance procedures

Maintenance should be carried out at regular intervals, this should include:

- leak testing;
- instrument function checks;
- removal of any condensable or particulate matter;
- general maintenance activities;
- flow control;
- pressure control.

The frequency of maintenance will depend on both plant and instrument related factors.

Annex F (informative)

Calculation of total organic carbon mass concentration from volume concentrations

The following equation can be used to convert propane volume concentrations to total organic carbon mass concentrations:

$$c_m = c_v \cdot \frac{3 \cdot M_c}{V_M} \quad \text{mg/m}^3 \quad (\text{F.1})$$

where

- c_m is the TOC concentration in milligrams per cubic metre (273 K; 1013 hPa).
 c_v is the volume concentration of propane in ppm (by volume).
 M_c is the molar mass of carbon (=12 g/mole).
 V_M is the molar volume (=22,4 l/mole).

EN 13526:2001 (E)

Bibliography

ISO 7504 Analysis - Vocabulary.

**Compendium of Methods
for the Determination of
Toxic Organic Compounds
in Ambient Air**

Second Edition

Compendium Method TO-11A

**Determination of Formaldehyde in Ambient Air
Using Adsorbent Cartridge Followed by High
Performance Liquid Chromatography (HPLC)
[Active Sampling Methodology]**

**Center for Environmental Research Information
Office of Research and Development
U.S. Environmental Protection Agency
Cincinnati, OH 45268**

January 1999

Method TO-11A Acknowledgements

This Method was prepared for publication in the *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition* (EPA/625/R-96/010b), which was prepared under Contract No. 68-C3-0315, WA No. 3-10, by Midwest Research Institute (MRI), as a subcontractor to Eastern Research Group, Inc. (ERG), and under the sponsorship of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Justice A. Manning, John O. Burckle, and Scott Hedges, Center for Environmental Research Information (CERI), and Frank F. McElroy, National Exposure Research Laboratory (NERL), all in the EPA Office of Research and Development, were responsible for overseeing the preparation of this method. Additional support was provided by other members of the Compendia Workgroup, which include:

- John O. Burckle, U.S. EPA, ORD, Cincinnati, OH
- James L. Cheney, Corps of Engineers, Omaha, NB
- Michael Davis, U.S. EPA, Region 7, KC, KS
- Joseph B. Elkins Jr., U.S. EPA, OAQPS, RTP, NC
- Robert G. Lewis, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Justice A. Manning, U.S. EPA, ORD, Cincinnati, OH
- William A. McClenny, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Frank F. McElroy, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Heidi Schultz, ERG, Lexington, MA
- William T. "Jerry" Winberry, Jr., EnviroTech Solutions, Cary, NC

Method TO-11 was originally published in March of 1989 as one of a series of peer reviewed methods in the second supplement to "*Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*," EPA 600/4-89-018. In an effort to keep these methods consistent with current technology, Method TO-11 has been revised and updated as Method TO-11A in this Compendium to incorporate new or improved sampling and analytical technologies.

This Method is the result of the efforts of many individuals. Gratitude goes to each person involved in the preparation and review of this methodology.

Author(s)

- William T. "Jerry" Winberry, Jr., EnviroTech Solutions, Cary, NC
- Silvestre Tejada, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Bill Lonneman, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Ted Kleindienst, ManTech, RTP, NC

Peer Reviewers

- Robert G. Lewis, U.S. EPA, NERL, RTP, NC
- Sucha S. Parmar, Atmospheric Analysis and Consulting, Ventura, CA
- Joette Steger, Eastern Research Group, Morrisville, NC
- Lauren Drees, U.S. EPA, NRMRL, Cincinnati, OH

Finally, recognition is given to Frances Beyer, Lynn Kaufman, Debbie Bond, Cathy Whitaker, and Kathy Johnson of Midwest Research Institute's Administrative Services staff whose dedication and persistence during the development of this manuscript has enabled its publication.

DISCLAIMER

This Compendium has been subjected to the Agency's peer and administrative review, and it has been approved for publication as an EPA document. Mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use.

Method TO-11A

Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology]

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
1. Scope	11A-1
2. Applicable Documents	11A-3
2.1 ASTM Standards	11A-3
2.2 Other Documents	11A-3
2.3 Other Documents	11A-3
3. Summary of Method	11A-3
4. Significance	11A-4
5. Definitions	11A-6
5.1 C18	11A-6
5.2 HPLC	11A-6
5.3 Method Detection Limit (MDL)	11A-6
5.4 Photochemical Reaction	11A-6
5.5 Photochemical Smog	11A-6
5.6 ppbv	11A-6
5.7 ppmv	11A-6
5.8 Silica Gel	11A-6
5.9 Denuder	11A-7
5.10 Certification Blank	11A-7
5.11 Cartridge Blank	11A-7
5.12 Scrubber	11A-7
6. Extended Methodology and Common Interferences	11A-7
7. Apparatus	11A-8
7.1 Isocratic HPLC	11A-8
7.2 Cartridge sampler.	11A-8
7.3 Sampling system	11A-9
7.4 Stopwatch.	11A-10
7.5 Polypropylene shipping container with polyethylene-air bubble padding.	11A-10
7.6 Thermometer	11A-10
7.7 Barometer (optional).	11A-10
7.8 Volumetric flasks.	11A-11
7.9 Pipets.	11A-11
7.10 Erlenmeyer flask, 1 L.	11A-11
7.11 Graduated cylinder, 1 L.	11A-11
7.12 Syringe, 100-250 μ L.	11A-11
7.13 Sample vials.	11A-11

TABLE OF CONTENTS (continued)

	<u>Page</u>
7.14 Melting point apparatus	11A-11
7.15 Rotameters	11A-11
7.16 Calibrated syringes	11A-11
7.17 Soap bubble meter or wet test meter	11A-11
7.18 Mass flow meters and mass flow controllers	11A-11
7.19 Positive displacement	11A-11
7.20 Cartridge drying manifold	11A-11
7.21 Liquid syringes	11A-11
7.22 Syringe rack	11A-11
7.23 Luer® fittings/plugs.	11A-11
7.24 Hot plates, beakers, flasks, measuring and disposable pipets, volumetric flasks, etc.	11A-11
7.25 Culture tubes (20 mm x 125 mm) with polypropylene screw caps	11A-11
7.26 Polyethylene gloves.	11A-11
7.27 Dry test meter.	11A-12
7.28 User-prepared copper tubing for ozone scrubber	11A-12
7.29 Cord heater and Variac.	11A-12
7.30 Fittings.	11A-12
8. Reagents and Materials	11A-12
8.1 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH)	11A-12
8.2 DNPH coated cartridges	11A-12
8.3 High purity acetonitrile.	11A-12
8.4 Deionized-distilled water.	11A-12
8.5 Perchloric acid.	11A-12
8.6 Ortho-phosphoric acid.	11A-12
8.7 Formaldehyde.	11A-12
8.8 Aldehydes and ketones, analytical grade, best source.	11A-12
8.9 Carbonyl hydrazone	11A-12
8.10 Ethanol or methanol	11A-13
8.11 Nitrogen	11A-13
8.12 Charcoal	11A-13
8.13 Helium	11A-13
8.14 Potassium Iodide	11A-13
9. Preparation of Reagents and Cartridges	11A-13
9.1 Purity of the Acetonitrile	11A-13
9.2 Purification of 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH)	11A-14
9.3 Preparation of DNPH-Formaldehyde Derivative	11A-15
9.4 Preparation of DNPH-Formaldehyde Standards	11A-15
9.5 Preparation of DNPH-Coated Cartridges	11A-15
9.6 Equivalent Formaldehyde Cartridge Concentration	11A-18
10. Sampling Procedure	11A-18

TABLE OF CONTENTS (continued)

	<u>Page</u>
11. Sample Analysis	11A-21
11.1 Sample Preparation	11A-21
11.2 Sample Extraction	11A-21
11.3 HPLC Analysis	11A-22
11.4 HPLC Calibration	11A-23
12. Calculations	11A-24
13. Performance Criteria and Quality Assurance	11A-27
13.1 Standard Operating Procedures (SOPs)	11A-27
13.2 HPLC System Performance	11A-27
13.3 Process Blanks	11A-28
13.4 Method Precision and Accuracy	11A-28
13.5 Method Detection Limits	11A-28
13.6 General QA/QC Requirements	11A-29
14. Detection of Other Aldehydes and Ketones	11A-29
14.1 Introduction	11A-30
14.2 Sampling Procedures	11A-30
14.3 HPLC Analysis	11A-30
15. Precision and Bias	11A-31
16. References	11A-32

METHOD TO-11A

Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology]

1. Scope

1.1 This document describes a method for the determination of formaldehyde and other carbonyl compounds (aldehydes and ketones) in ambient air utilizing a coated-solid adsorbent followed by high performance liquid chromatographic detection. Formaldehyde has been found to be a major promoter in the formation of photochemical ozone. In particular, short term exposure to formaldehyde and other specific aldehydes (acetaldehyde, acrolein, crotonaldehyde) is known to cause irritation of the eyes, skin, and mucous membranes of the upper respiratory tract.

1.2 Over the last several years, numerous methods have been developed for the sampling and analysis of carbonyl compounds. Because of the role which formaldehyde plays in photochemistry, most of the more recent methods were designed to quantitate formaldehyde specifically. Early methods centered around wet chemical technology involving a bubbler or impinger containing a reactive reagent (1). In some cases the reactive reagent produced a color in the presence of formaldehyde. Examples of the more commonly used reagents were: 3-methyl-2-benzothiazolone hydrazone (MBTH), sodium sulfite, 4-hexylresorcinol, water, sodium tetrachloromercurate, and chromatropic acid. These reagents demonstrated high collection efficiency (>95%), provided fairly stable non-volatile products and minimized formation of undesirable by-products. Indeed, as part of U. S. Environmental Protection Agency's (EPA's) effort to quantitate atmospheric concentrations of formaldehyde, the National Air Sampling Network utilized the impinger technique for several years containing chromatropic acid specifically for formaldehyde. However, impinger sampling had numerous weaknesses which eventually lead to its demise. They were:

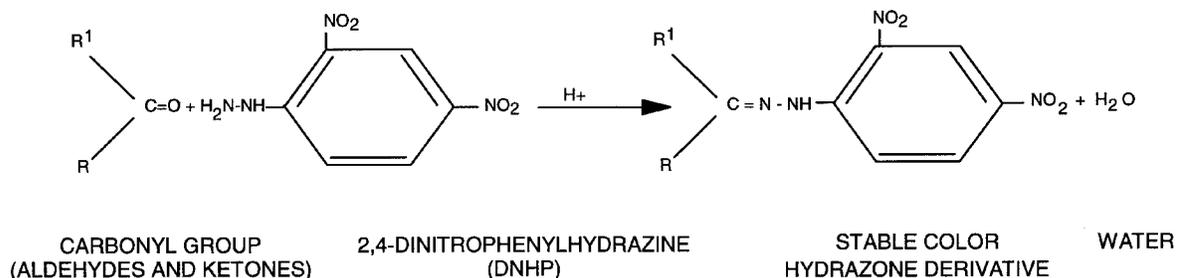
- Labor intense.
- Used acidic/hazardous reagents.
- Lacked sensitivity.
- Prone to interferences.
- Poor reproducibility at ambient concentration levels.

As EPA's interest focused upon formaldehyde and its sources, the development of passive personal sampling devices (PSDs) developed (2). These devices were mainly used by industrial hygienists to assess the efforts of respiratory exposure for formaldehyde on workers. However, because of the design and flow rate limitation, they require long exposures (up to 7 days) to the atmosphere to meet traditional bubbler technique sensitivities. Consequently, the passive PSD had limited application to ambient monitoring.

To address the need for a monitoring method to sample carbonyl compounds in the air at sensitivities needed to reach health-base detection limits (10^{-6} risk level), a combination of wet chemistry and solid adsorbent methodology was developed (3-6). Activating or wetting the surface of an adsorbent with a chemical specific for reacting with carbonyl compounds allowed greater volumes of air to be sampled, thus enabling better sensitivity in the methodology. Various chemicals and adsorbents combinations have been utilized with various levels of success. The most commonly used technique is based on reacting airborne carbonyls with 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4-DNPH) coated on an adsorbent cartridge followed by separation and analysis of the hydrazone derivative by high performance liquid chromatography (HPLC) with ultraviolet (UV) detection.

1.3 Historically, Compendium Method TO-5, "*Method For the Determination of Aldehydes and Ketones in Ambient Air Using High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*" was used to quantitate formaldehyde in ambient air. This method involved drawing ambient air through a midjet impinger sampling train containing 10 mL of 2N HCl/0.05% 2,4-DNPH reagent. Formaldehyde (and other aldehydes and ketones) readily formed a stable derivative with the DNPH reagent, and the DNPH derivative is analyzed for aldehydes and ketones utilizing HPLC. Compendium Method TO-11 modifies the

sampling procedures outlined in Method TO-5 by introducing a coated adsorbent. Compendium Method TO-11 is based on the specific reaction of organic carbonyl compounds (aldehydes and ketones) with DNPH-coated silica gel cartridges in the presence of a strong acid, as a catalyst, to form a stable color hydrazone derivative according to the following reaction:



where R and R¹ are organic alkyl or aromatic group (ketones) or either substituent is a hydrogen (aldehydes). The reaction proceeds by nucleophilic addition to the carbonyl followed by 1,2-elimination of water to form the 2,4-diphenylhydrazone derivative. The determination of formaldehyde from the DNPH-formaldehyde derivative is similar to Method TO-5 in incorporating HPLC as the analytical methodology.

1.4 Due to recent requirements in atmospheric carbonyl monitoring, EPA has determined a need to update the present methodology found in Compendium Method TO-11. The revised Compendium Method TO-11A, as published here, includes:

- Guidance on collocated sampling.
- Addition of ozone denuder or scrubber to reduce interferences.
- Sampler design update to allow heated-inlet and sequential sampling.
- Update HPLC procedure for column alternatives.
- Use of commercially prepared low pressure drop DNPH-coated cartridges.

The target compound for this method is formaldehyde; however, at least 14 other carbonyl compounds can be detected and quantified.

1.5 The sampling method gives a time-weighted average (TWA) sample. It can be used for long-term (1-24 hr) sampling of ambient air where the concentration of formaldehyde is generally in the low ppb (v/v) or for short-term (5-60 min) sampling of source-impacted atmospheres where the concentration of formaldehyde could reach the ppm (v/v) levels.

1.6 The method instructs the user to purchase commercially pre-coated DNPH cartridges. The method still includes the instructions of Compendium Method TO-11 for the preparation of DNPH-coated cartridges. However due to the tedious preparation and clean room requirements, the method recommends the purchase of pre-coated DNPH cartridges that are now commercially available from at least three major suppliers. Different from previous cartridges identified in Compendium Method TO-11, the pressure drop across the newer low-pressure drop cartridges are less than 37 inches of water at a sampling flow of up to 2.0 liters/minute, allowing compatibility with pumps used in personal sampling equipment. These pre-coated commercial cartridges have generally lower and more consistent background (7) concentration of carbonyls than cartridges prepared under normal chemical laboratory environment, as specified in the original Compendium Method TO-11.

1.7 The commercially-prepared pre-coated cartridges are used as received and are discarded after use. The collected and uncollected cartridges are stored in culture tubes with polypropylene caps and placed in cold storage when not in use.

1.8 This method may involve hazardous materials, operations, and equipments. This method does not purport to address all the safety problems associated with its use. It is the responsibility of whoever uses this method to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standards

- D1193 *Specification for Reagent Water*
- D1356 *Terminology Relating to Atmospheric Sampling and Analysis*
- D3195 *Practice for Rotameter Calibration*
- D3631 *Method for Measuring Surface Atmospheric Pressure*
- D5197 *Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology)*
- E177 *Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods*
- E682 *Practice for Liquid Chromatography Terms and Relationships*

2.2 Other Documents

- *Technical Assistance Document for Sampling and Analysis Toxic Organic Compounds in Ambient Air*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-83-027, June 1983.
- *Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/R-94-D38b, May 1994.
- *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air: Method TO-11, Second Supplement*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-89-018, March 1989.

2.3 Other Documents

- Existing Procedures (8-10).
- Ambient Air Studies (11-15).

3. Summary of Method

3.1 A known volume of ambient air is drawn through a prepacked cartridge coated with acidified DNPH at a sampling rate of 100-2000 mL/min for an appropriate period of time. Sampling rate and time are dependent upon carbonyl concentration in the test atmosphere.

3.2 After sampling, the sample cartridges and field blanks are individually capped and placed in shipping tubes with polypropylene caps. Sample identifying tags and labels are then attached to the capped tubes. The capped tubes are then placed in a polypropylene shipping container cooled to subambient temperature ($\sim 4^{\circ}\text{C}$), and returned to the laboratory for analysis. Alternatively, the sample vials can be placed in a thermally-insulated styrofoam box with appropriate padding for shipment to the laboratory. The cartridges may either be placed in cold storage until analysis or immediately washed by gravity feed elution with 5 mL of acetonitrile from a plastic syringe reservoir to a graduated test tube or a 5 mL volumetric flask.

3.3 The eluate is then diluted to a known volume and refrigerated until analysis.

3.4 For determining formaldehyde, the DNPH-formaldehyde derivative can be determined using isocratic reverse phase HPLC with an ultraviolet (UV) absorption detector operated at 360 nm. To determine formaldehyde and 14 other carbonyls, the HPLC system is operated in the linear gradient program mode.

3.5 For quantitative evaluation of formaldehyde and other carbonyl compounds, a cartridge blank is likewise desorbed and analyzed.

3.6 Formaldehyde and other carbonyl compounds in the sample are identified and quantified by comparison of their retention times and peak heights or peak areas with those of standard solutions. Typically, C₁-C₇ carbonyl compounds, including benzaldehyde, are measured effectively to less than 0.5 ppbv.

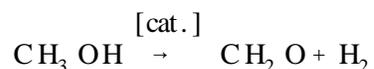
4. Significance

4.1 Formaldehyde is a major compound in the formation of photochemical ozone (16). Short term exposure to formaldehyde and other specific aldehydes (acetaldehyde, acrolein, crotonaldehyde) is known to cause irritation of the eyes, skin, and mucous membranes of the upper respiratory tract (19). Animal studies indicate that high concentrations can injure the lungs and other organs of the body (19). In polluted atmospheres, formaldehyde may contribute to eye irritation and unpleasant odors that are common annoyances.

4.2 Over the last several years, carbonyl compounds including low molecular weight aldehydes and ketones have received increased attention in the regulatory community. This is due in part to their effects on humans and animals as primary irritation of the mucous membranes of the eyes, the upper respiratory tract, and the skin. Animal studies indicate that high concentrations of carbonyl compounds, especially formaldehyde, can injure the lungs, may contribute to eye irritation and effect other organs of the body. Aldehydes, either directly or indirectly, may also cause injury to plants. Sources of carbonyl compounds into the atmosphere range from natural occurrences to secondary formation through atmospheric photochemical reactions. Consequently, carbonyl compounds are both primary (directly emitted) and secondary (formed in the atmosphere) air pollutants (19).

4.2.1 Natural Occurrence. Natural sources of carbonyls do not appear to be important contributors to air pollution. Acetaldehyde is found in apples and as a by-product of alcoholic fermentation process. Other lower molecular weight aliphatic aldehydes are not found in significant quantities in natural products. Olefinic and aromatic aldehydes are present in some of the essential oils in fruits and plants. These include citronella, in rose oil; citral, in oil of lemongrass; benzaldehyde, in oil of bitter almonds; and cinnamaldehyde, in oil of cinnamon.

4.2.2 Production Sources. Aldehydes are commercially manufactured by various processes, depending on the particular aldehyde. In general, they are prepared via oxidation reactions of hydrocarbons, hydroformulation of alkenes, dehydrogenation of alcohols, and addition reactions between aldehydes and other compounds. Formaldehyde is manufactured from the oxidation of methanol as illustrated in the following equation:



Formaldehyde and other aldehyde production in the United States has shown a substantial growth over the last several years. This is due, in part, to their use in a wide variety of industries, such as the chemical, rubber, tanning, paper, perfume, and food industries. The major use is as an intermediate in the synthesis of organic compounds, including, alcohols, carboxylic acids, dyes, and medicinals.

4.2.3 Mobile Combustion Sources. A major source of carbonyl compounds in the atmosphere may be attributed to motor vehicle emissions. In particular, formaldehyde is the major carbonyl in automobile exhaust, accounting for 50-70 percent of the total carbonyl burden to the atmosphere (19). Furthermore, motor vehicles emit reactive hydrocarbons that undergo photochemical oxidation to produce formaldehyde and other carbonyls in the atmosphere.

4.3 Secondary Pollutant. As a secondary pollutant (formed in the atmosphere), carbonyls are formed by very complex photo-oxidation mechanism involving volatile organic compounds (VOCs) with nitrogen oxide (20,21). Both anthropogenic and biogenic (e.g., isoprene) hydrocarbons leads to *in situ* formation of carbonyls, especially formaldehyde compounds. Aldehydes are both primary pollutants and secondary products of atmospheric photochemistry.

The complete photo-oxidation mechanism is indeed complex and not well understood. However, a brief discussion is warranted (22). When VOCs and oxides of nitrogen (NO_x) are in the atmosphere and are irradiated with sunlight, their equilibrium in the photostationary state is changed. The photostationary state is defined by the equilibrium between nitrogen dioxide (NO_2), nitrous oxide (NO) and ozone (O_3). This equilibrium is theoretically maintained until VOCs are introduced. Various reactions occur to produce OH radicals. The VOCs react with the OH radicals and produce RO_2 radicals that oxidizes NO to NO_2 , destroying the photostationary state. Carbonyls react with OH to produce RO_2 radicals. Likewise carbonyls, particularly formaldehyde in sunlight, are sources of the OH radicals.

The results of these processes lead to the following:

- Accumulation of ozone.
- Oxidation of hydrocarbons (HCs) to aldehydes and ketones which lead to the continued production of HO_2 and OH radicals, the real driving force in photochemistry smog.

Consequently, the determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in the atmosphere is of interest because of their importance as precursors in the production of photochemical smog, as photochemical reaction products and as major source of free radicals in the atmosphere.

4.4 Historically, DNPH impinger techniques have been widely used to determine atmospheric carbonyls. However, due to the limitation of applying this technique to remote locations, the solid adsorbent methodology has become a convenient alternative to impinger sampling. A number of solid adsorbents have been used over the years to support the DNPH coating. They are: glass beads, glass fiber filters, silica gel, Chromosorb® P, Florisil®, Carbo-pack® B, XAD-2, and C18. Several of these adsorbents are available commercially as pre-packed cartridges. The commercially available cartridges provide convenience of use, reproducibility and low formaldehyde blanks. Two of the more widely used pre-packed adsorbents are silica gel and C18.

4.4.1 Silica Gel. Silica gel is a regenerative adsorbent, consisting of amorphous silica (SiO_2) with surface OH groups, making it a polar material and enhancing surface absorption. DNPH-coated silica gel cartridges have been used by numerous investigators since 1980 for sampling formaldehyde in ambient air. Tejada (3,4) evaluated several adsorbents, including C18, Florisil, silanized glass wool, and silica gel as possible supports for the DNPH coating. Results indicated that silica gel provided the best support with minimum interferences. The studies did document that olefinic aldehydes such as acrolein and crotonaldehyde degraded partially and formed unknown species. For stable carbonyls such as formaldehyde, acetaldehyde, propionaldehyde, benzaldehyde, and acetone, correlation with an DNPH-impinger technique was excellent. However, further studies by Arnts and Tejada identified a severe loss of carbonyl-DNPH derivative due to the reaction of atmospheric ozone on DNPH-coated silica gel cartridges while sampling ambient air. This bias was eliminated when sampling continued with the application of an ozone scrubber system (KI denuder) preceding the cartridge.

4.4.2 C18 Cartridge. C18 is an octadecylsilane bonded silica substrate which is non-polar, hydrophobic, and relatively inert, whose surface has been passivated with non-polar paraffinic groups. Because of these qualities,

C18 has been used historically as an adsorbent trap for trace organics in environmental aqueous samples through hydrophobic interactions. The adsorbed trace organic molecules are then eluted from the adsorbent with various organic solvents. In early 1990, C18 was used in an ambient air study as the support for DNPH. While C18 showed promising results (23), its use today as the support for DNPH is limited.

4.5 Both adsorbents have historically performed adequately as the support for the DNPH coating. The comparison between silica gel and C18 as the adsorbent for the DNPH is illustrated in Table 1. The user is encouraged to review the weaknesses and strengths outlined in Table 1 for using silica gel or C18 as the adsorbent for the DNPH coating.

5. Definitions

[Note: Definitions used in this document and any user-prepared Standard Operating Procedures (SOPs) should be consistent with those used in ASTM D1356. All abbreviations and symbols are defined within this document at the point of first use.]

5.1 C18— C18 is an octadecylsilane bonded silica substrate, which is non-polar, hydrophobic, and relatively inert.

5.2 HPLC— high performance liquid chromatography.

5.3 Method Detection Limit (MDL)— the minimum concentration of an analyte that can be reported with 95% confidence that the value is above zero, based on a standard deviation of at least seven repetitive measurements of the analyte in the matrix of concern at a concentration near the low standard.

5.4 Photochemical Reaction— any chemical reaction that is initiated as a result of absorption of light.

5.5 Photochemical Smog— air pollution resulting from photochemical reactions.

5.6 ppbv— a unit of measure of the concentration of gases in air expressed as parts of the gas per billion (10^9) parts of the air-gas mixture, normally both by volume.

5.7 ppmv— a unit of measure of the concentration of gases in air expressed as parts of the gas per million (10^6) parts of the air-gas mixture, normally both by volume.

5.8 Silica Gel—silica gel is a regenerative adsorbent consisting of amorphous silica (SiO_2) with OH surface groups making it a polar material and enhancing surface reactions.

5.9 Denuder— A device designed to remove gases from an air sampling stream by the process of molecular diffusion to a collecting surface.

5.10 Certification Blank— certification blank is defined as the mean value of the cartridge blank plus three standard deviations. For Compendium Method TO-11A, the Certification Blank should be less than 0.15 μg /cartridge for formaldehyde.

5.11 Cartridge Blank— cartridge blank is the measured value of the carbonyl compounds on an unsampled, DNPH-coated cartridge. This is the value used in the calculations delineated in section 12.

5.12 Scrubber— to remove a specific gas from the air stream by passing through a pack bed.

6. Extended Methodology and Common Interferences

6.1 This procedure has been written specifically for the sampling and analysis of formaldehyde. Other carbonyl compounds found in ambient air are also observed in the HPLC analysis. Resolution of these compounds depend upon column and mobile phase conditions during HPLC analysis. Organic compounds that have the same retention time and significant absorbance at 360 nm as the DNPH derivative of formaldehyde will interfere. Such interferences (24) can often be overcome by altering the separation conditions (e.g., using alternative HPLC columns or mobile phase compositions). In addition, other aldehydes and ketones can be detected with a modification of the basic procedure. In particular, chromatographic conditions can be optimized to separate acetone and propionaldehyde and 12 other higher molecular weight aldehydes and ketones (within an analysis time of about one hour), as identified below, by utilizing one or two Zorbax ODS columns in series under a linear gradient program:

Formaldehyde	Isovaleraldehyde	Propionaldehyde	p-Tolualdehyde
Acetaldehyde	Valeraldehyde	Crotonaldehyde	Hexanaldehyde
o-Tolualdehyde	Butyraldehyde	2,5-Dimethylbenzaldehyde	Methyl ethyl ketone
Acetone	m-Tolualdehyde	Benzaldehyde	

The linear gradient program varies the mobile phase composition periodically to achieve maximum resolution of the C-3, C-4, and benzaldehyde region of the chromatogram.

6.2 Formaldehyde may be a contamination of the DNPH reagent. If user- prepared cartridges are employed, the DNPH must be purified by multiple recrystallizations in UV grade carbonyl-free acetonitrile. Recrystallization is accomplished at 40-60°C by slow evaporation of the solvent to maximize crystal size. The purified DNPH crystals are stored under UV grade carbonyl-free acetonitrile until use. Impurity levels of carbonyl compounds in the DNPH are determined by HPLC prior to use and should be less than the Certification Blank value of 0.15 µg/cartridge.

6.3 The purity of acetonitrile is an important consideration in the determination of allowable formaldehyde blank concentration in the reagent. Background concentrations of formaldehyde in acetonitrile will be quantitatively converted to the hydrazone, adding a positive bias to the ambient air formaldehyde concentration. Within the project quality control procedures, the formaldehyde in the acetonitrile reagent should be checked on a regular basis (see Section 9.1).

6.4 Ozone at high concentrations has been shown to interfere negatively by reacting with both the DNPH and its carbonyl derivatives (hydrazones) on the cartridge (25,26). The extent of interference depends on the temporal variations of both the ozone and the carbonyl compounds and the duration of sampling. Significant negative interference from ozone was observed even at concentrations of formaldehyde and ozone typical of clean ambient air (i.e., 2 and 40 ppb, respectively).

6.5 Exposure of the DNPH-coated sampling cartridges to direct sunlight may produce artifacts and should be avoided.

6.6 The presence of ozone in the sample stream is readily inferred from the appearance of new compounds with retention times different from the other carbonyl hydrazone compounds.

6.7 The most direct solution to the ozone interference is to remove the ozone before the sample stream reaches the coated cartridge. This process entails constructing an ozone denuder (9) or scrubber and placing it in front of the cartridge. The denuder can be constructed of 1 m of 0.64-cm outside diameter (O.D.) by 0.46-cm inside diameter (I.D.) copper tubing, that is filled with a saturated solution of KI, allowed to stand for a few minutes, drained and dried

with a stream of clean air or nitrogen for about 1 h. The capacity of the ozone denuder as described is about 100,000 ppb-hour of ozone. Packed-bed granular potassium iodide (KI) scrubbers can also be used in place of the denuder and are commercially available. Very little work has been done on long term usage of a denuder or KI scrubber to remove ozone from the ambient air gas stream. The ozone removal devices should be replaced periodically (e.g., monthly) in the sample train to maintain the integrity of the data generated.

6.8 Test aldehydes or carbonyls (formaldehyde, acetaldehyde, acrolein, propionaldehyde, benzaldehyde, and p-tolualdehyde) that were dynamically spiked into an ambient sample air stream passed through the KI denuder with practically no losses (7). Similar tests were also performed for formaldehyde (26).

6.9 Ozone scrubbers (cartridge filled with granular KI) are also available from suppliers of pre-coated DNPH cartridges. These scrubbers are optimized when the ambient air contains a minimum of 15% relative humidity.

7. Apparatus

7.1 Isocratic HPLC. System consisting of a mobile phase reservoir a high pressure pump; an injection valve (automatic sampler with an optional 25- μ L loop injector); a Zorbax ODS (DuPont Instruments, Wilmington, DE) reverse phase (RP) column, or equivalent (25-cm x 4.6-mm ID); a variable wavelength UV detector operating at 360 nm; and a data system, as illustrated in Figure 1.

[Note: Most commercial HPLC analytical systems will be adequate for this application.]

7.2 Cartridge sampler. Prepacked, pre-coated cartridge (see Figure 2), commercially available or coated *in situ* with DNPH according to Section 9.

[Note: This method was developed using the Waters Sep-Pak cartridge, coated in situ with DNPH on silica gel by the users, as delineated in the original Compendium Method TO-11 as a guideline. EPA has experience in use of this cartridge during various field monitoring programs over the last several years. Other manufacturer's cartridges should work as well. However, modifications to these procedures may be necessary if another commercially available cartridge is selected.]

Major suppliers of pre-coated cartridges are:

- Supelco, Supelco Park, Bellefonte, PA 16823-0048, (800) 247-6628.
- SKC Inc., 334 Valley View Road, Eighty Four, PA 15330-9614, (800) 752-8472.
- Millipore/Waters Chromatography, P.O. Box 9162, Marlborough, MA 01752-9748, (800) 252-4752.
- Atmospheric Analysis and Consulting (AAC) Inc., 4572 Telephone Rd., Suite 920, Ventura, CA 93003, (805) 650-1642.

[Note: The SKC cartridge (see Figure 2) is an example of a dual bed tube. The glass cartridge contains a front bed of 300 mg DNPH-coated silica gel with the back bed of 150 mg DNPH-coated silica gel. Air flow through the tube should be from front to back bed, as indicated by the arrows encribed on the cartridge. The dual bed tube cartridge may be used in atmospheres containing carbonyl concentrations in excess of the American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) 8-hour exposure limit, where breakthrough of carbonyls on the adsorbent might occur. If used in routine ambient air monitoring applications, the tube is recovered as one unit, as specified in Section 11.2.]

If commercially prepared DNPH-coated cartridges are purchased, ensure that a "Certification Blank for Formaldehyde" is provided for the specific batch of which that cartridge is a member. For a commercial cartridge to be acceptable, the following criteria must be met:

- Formaldehyde concentration: <0.15 µg/cartridge.

If the enhanced carbonyl analysis is being performed, the following Certification Blank criteria must also be met:

- Speciated carbonyl concentration:
 - Acetaldehyde: <0.10 µg/cartridge
 - Acetone: <0.30 µg/cartridge
 - Other: <0.10 µg/cartridge

Typical physical and chemical characteristics of commercial cartridge adsorbents are listed in Table 2 and illustrated in Figure 2.

7.3 Samplingsystem. the DNPH-cartridge approach is capable of accurately and precisely sampling 100-2000 mL/min of ambient air. The monitoring of carbonyl compounds has recently been enhanced by the promulgation of new ambient air quality surveillance regulations outlined in Title 40, Part 58. These regulations require States to establish additional air monitoring stations as part of their existing State Implementation Plan (SIP) monitoring network as part of EPA's Photochemical Assessment Monitoring Stations (PAMS) to include provisions for enhanced (1) monitoring of ozone and oxides of nitrogen (NO_x), (2) monitoring of volatile organic compounds (VOCs), (3) monitoring of meteorological parameters, and (4) monitoring selected carbonyl compounds (formaldehyde, acetone, and acetaldehyde). Specifically, monitoring for carbonyl involves:

- 8, 3 h sequential samples starting at midnight.
- 1, 24 h time-integrated "reality check" sample.

Consequently, the sampler must be able to accommodate numerous regulatory and practical needs. Practical needs would include:

- Ability to sequence two cartridges in series for breakthrough volume confirmation for a 24-hour sampling event.
- Ability to collocate with any of the 8, 3 h samples.

Traditionally, three sampling approaches have been used to monitor carbonyl compounds in the ambient air. They are:

- Manual single-port carbonyl sampler.
- Programmable single-port carbonyl sampler.
- Automated multi-port sampler.

Components of the single-port carbonyl sampler, for both manual and semi-automatic, are illustrated in Figure 3. Components usually include a heated manifold/sample inlet, a denuder/cartridge assembly, a flow meter, a vacuum gauge/pump, a timer and a power supply. In operation, ambient air is drawn through the denuder/cartridge assembly with a vacuum pump at a fixed flow rate between 0.1 to 2 Lpm. The vacuum gauge is used to measure the net vacuum in the system for all flow-rate corrections. Controlling the system is usually a 7-day, 14-event timer to coordinate sampling events to allow a sample to be extracted continuously or intermittently over a period of time. Finally, an elapsed-time counter is employed to measure the actual time the sampling took place. This is particularly suitable for unattended sampling when power fails for short periods.

The automated multi-port sampler is especially designed to collect numerous short-term (2 to 3 hours) sample sequentially over a 24 hour, 7 day a week, nighttime and weekend monitoring period. This arrangement allows for the sampling of short periods where the objectives of the project are to identify progress of atmospheric reactions involving carbonyls. As illustrated in Figure 4, components of the fully automated multi-port carbonyl sampler

includes a heated inlet, ozone denuder (or scrubber) inlet manifold assembly, inlet check valves, DNPH multi-port cartridge assembly, exhaust manifold, mass flow controller and sample pump. The multi-port sampler automatically switches between sampling ports at preselected times, as programmed by the user. Typically, a sequential air sampler contains a microprocessor timer/controller that provides precise control over each sampling event. The microprocessor allows the user to program individual start date and time, sample duration, and delays between samples. The timer also allows activation of the flow system prior (approximately 10 min) to sequencing to allow purging of the sampler inlet with fresh sample. Finally, the automated sequential sampler can be operated from an external signal, such as an ozone monitor, so that sampling starts above certain preset ozone levels or via a modem. As a final option, various manufacturers provide wind sensor instrumentation (wind speed and direction) which is connected to the automated sequential sampler so that sampling begins when the wind is from a preset direction and speed.

Major suppliers of commercially available carbonyl samplers are:

- Supelco, Supelco Park, Bellefonte, PA 16823-0048, (800) 247-6628.
- SKC Inc., 334 Valley View Road, Eighty Four, PA 15330-9614, (800) 752-8472.
- Millipore/Waters Chromatography, P.O. Box 9162, Marlborough, MA 01752-9748, (800) 252-4752.
- XonTech, Inc. 6862 Hayvenhurst Avenue, Van Nuys, CA 91406, (818) 787-7380.
- ATEC Atmospheric Technology, P.O. Box 8062, Calabasas, CA 91372-8062, (310) 457-2671.
- Atmospheric Analysis and Consulting (AAC) Inc., 4572 Telephone Road, Suite 920, Ventura, CA 93003, (805) 650-1642.
- Scientific Instrumentation Specialists, P.O. Box 8941, Moscow, ID, (209) 882-3860.

7.4 Stopwatch.

7.5 Polypropylene shipping container (see Figure 5) with polyethylene-air bubble padding. To hold sample cartridges.

7.6 Thermometer. To record ambient temperature.

7.7 Barometer (optional).

7.8 Volumetric flasks. Various sizes, 5-2000 mL.

7.9 Pipets. Various sizes, 1-50 mL.

7.10 Erlenmeyer flask, 1 L. For preparing HPLC mobile phase.

7.11 Graduated cylinder, 1 L. For preparing HPLC mobile phase.

7.12 Syringe, 100-250 μ L. For HPLC injection, with capacity at least four times the loop value.

7.13 Sample vials.

7.14 Melting point apparatus (optional).

7.15 Rotameters.

7.16 Calibrated syringes.

7.17 Soap bubble meter or wet test meter.

7.18 Mass flow meters and mass flow controllers. For metering/setting air flow rate through sample cartridge of 100-2000 mL/min.

[Note: The mass flow controllers are necessary because cartridges may develop a high pressure drop and at maximum flow rates, the cartridge behaves like a "critical orifice." Recent studies have shown that critical flow orifices may be used for 24-hour sampling periods at a maximum rate of 2 L/min for atmospheres not heavily loaded with particulates without any problems.]

7.19 Positive displacement. Repetitive dispensing pipets (Lab-Industries, or equivalent), 0-10 mL range.

7.20 Cartridge drying manifold. With multiple standard male Luer® connectors.

7.21 Liquid syringes. 10 mL (polypropylene syringes are adequate) for preparing DNPH-coated cartridges.

7.22 Syringe rack. Made of an aluminum plate (0.16 cm x 36 cm x 53 cm) with adjustable legs on four corners. A matrix (5 cm x 9 cm) of circular holes of diameter slightly larger than the diameter of the 10-mL syringes was symmetrically drilled from the center of the plate to enable batch processing of 45 cartridges for cleaning, coating, and/or sample elution.

7.23 Luer® fittings/plugs. To connect cartridges to sampling system and to cap prepared cartridges.

7.24 Hot plates, beakers, flasks, measuring and disposable pipets, volumetric flasks, etc. Used in the purification of DNPH.

7.25 Culture tubes (20 mm x 125 mm) with polypropylene screw caps. Used to transport coated cartridges for field applications (see Figure 5), Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, or equivalent.

7.26 Polyethylene gloves. Used to handle cartridges, best source.

7.27 Dry test meter.

7.28 User-prepared copper tubing for ozone scrubber (see Figure 6a). A 36 inch length of ¼-inch O.D. copper tubing is used as the body of the ozone scrubber. The tubing should be coiled into a spiral approximately 2 inches in O.D. EPA has considerable field experience with the use of this denuder.

[Note: Ozone scrubbers (cartridge filled with granular KI) are also available from suppliers of pre-coated DNPH cartridges, as illustrated in Figure 6(b).]

7.29 Cord heater and Variac. A 24 inch long cord heater, rated at approximately 80 watts, wrapped around the outside of the copper coil denuder, controlled by a Variac, to provide heat (~50°C) to prevent condensation of water or organic compounds from occurring within the coil.

7.30 Fittings. Bulkhead unions are attached to the entrance and exit of the copper coil to allow attachment to other components of the sampling system.

8. Reagents and Materials

[Note: Purity of Reagents—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society where such specifications are available; Purity of Water—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water as defined by Type II of ASTM Specifications D 1193.]

8.1 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH). Aldrich Chemical or J.T. Baker, reagent grade or equivalent. Recrystallize at least twice with UV grade acetonitrile before use.

8.2 DNPH coated cartridges. DNPH coated cartridge systems are available from several commercial suppliers.

8.3 High purity acetonitrile. UV grade, Burdick and Jackson "distilled-in-glass," or equivalent. The formaldehyde concentration in the acetonitrile should be <1.5 ng/mL. It is imperative (mandatory) that the user establish the purity of the acetonitrile before use (see Section 9.1).

8.4 Deionized-distilled water. Charcoal filtered.

8.5 Perchloric acid. Analytical grade, best source, 60%, specific gravity 1.51.

8.6 Ortho-phosphoric acid. Analytical grade, best source, 36.5-38%, specific gravity 1.19.

8.7 Formaldehyde. Analytical grade, best source, 37% solution (w/w).

8.8 Aldehydes and ketones, analytical grade, best source. Used for preparation of DNPH derivative standards (optional).

8.9 Carbonyl hydrazones. Formaldehyde and other carbonyl hydrazones are available for use as standards from commercial sources at various levels of purity.

8.10 Ethanol or methanol. Analytical grade, best source.

8.11 Nitrogen. High purity grade, best source.

8.12 Charcoal. Granular, best source.

8.13 Helium. High purity grade, best source.

8.14 Potassium Iodide. Analytical grade, best source. Used for coating inside of copper tubing of denuder system to remove ozone interference.

9. Preparation of Reagents and Cartridges

9.1 Purity of the Acetonitrile

9.1.1 The purity of acetonitrile is an important consideration in the determination of the formaldehyde blank concentration. Formaldehyde in the reagent will be quantitatively converted to the hydrazone and measured as part of the blank. The contribution to the blank from the reagent is dependent on the formaldehyde concentration in the reagent and the amount of the reagent used for extraction. Some examples will illustrate these considerations.

Example A

- Silica gel DNPH cartridge has a blank level of 60 ng.
- Cartridge is eluted with 5-mL of acetonitrile reagent containing a formaldehyde of 3 ng/mL.
- Analyst measures a blank level of 75 ng of which 80% comes from the cartridge and 20% comes from the reagent.

Example B

- Silica gel DNPH cartridge has a blank level of 30 ng.
- Cartridge is eluted with 5 mL of acetonitrile reagent containing a formaldehyde of 6 ng/mL.
- Analyst measures a blank level of 60 ng of which 50% comes from the cartridge and 50% comes from the reagent.

9.1.2 As a quality control procedure, the formaldehyde in the acetonitrile reagent should be checked on a regular basis. This can be done by mixing known proportions of the acetonitrile reagent and a DNPH solution having a measured formaldehyde blank. (The extract from a blank cartridge can serve as the DNPH solution.) After analyzing the resultant solution, a mass balance is performed on the observed formaldehyde level and the contribution from the DNPH reagent as shown in the following example.

- 1 mL of a DNPH solution containing 2.1 ng/mL of formaldehyde (as carbonyl) is mixed with 9 mL of acetonitrile reagent containing an unknown formaldehyde blank. The analyst measures a resultant solution concentration of 1.55 ng of formaldehyde. This data can be used to calculate the formaldehyde in the reagent:

$$\text{HCHO ng/mL} = \frac{(1.55 \text{ ng/mL} \times 10 \text{ mL} - 2.1 \text{ ng/mL} \times 1 \text{ mL})}{9 \text{ mL}} = 1.49 \text{ ng/mL}$$

The formaldehyde contribution to the cartridge blank should be as low as possible but certainly less than 20% of the total measured blank. Using a cartridge blank level of 30 ng/cartridge, the formaldehyde concentration in the reagent would have to be less than 1.5 ng/mL (i.e., 50 nM) to give a blank level less than 20% of the measured blank.

9.2 Purification of 2,4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH)

[Note: This procedure should be performed under a properly ventilated hood, as inhalation of acetonitrile can result in nose and throat irritation. Various health effects are resultant from the inhalation of acetonitrile. At 500 ppm in air, brief inhalation has produced nose and throat irritation. At 160 ppm, inhalation for 4 hours has caused flushing of the face (2 hour delay after exposure) and bronchial tightness (5 hour delay). Heavier exposures have produced systemic effects with symptoms ranging from headache, nausea, and lassitude to vomiting, chest or abdominal pain, respiratory depression, extreme weakness, stupor, convulsions and death (dependent upon concentration and time).]

[Note: Purified DNPH, suitable for preparing cartridges, can be purchased commercially.]

9.2.1 Prepare a supersaturated solution of DNPH by boiling excess DNPH in 200 mL of acetonitrile for approximately one hour.

9.2.2 After one hour, remove and transfer the supernatant to a covered beaker on a hot plate and allow gradual cooling to 40-60°C.

9.2.3 Maintain the solution at this temperature (40-60°C) until 95% of solvent has evaporated.

9.2.4 Decant solution to waste, and rinse crystals twice with three times their apparent volume of acetonitrile.

9.2.5 Transfer crystals to another clean beaker, add 200 mL of acetonitrile, heat to boiling, and again let crystals grow slowly at 40-60°C until 95% of the solvent has evaporated.

9.2.6 Repeat rinsing process as described in Section 9.2.4.

9.2.7 Take an aliquot of the second rinse, dilute 10 times with acetonitrile, acidify with 1 mL of 3.8 M perchloric acid per 100 mL of DNPH solution, and analyze by HPLC.

[Note: An acid is necessary to catalyze the reaction of the carbonyls with DNPH. Most strong inorganic acids such as hydrochloric, sulfuric, phosphoric, or perchloric acids will do the job. Perchloric or phosphoric acids are the preferred catalyst for using acetonitrile solution of DNPH as the absorbing solution. The DNPH derivatives do not precipitate from solution as readily as when hydrochloric or phosphoric acids are used as the catalyst. This is an ideal situation for an HPLC analytical finish as this minimizes sample handling. For most ambient air sampling, precipitation is not a problem because the carbonyl concentration is generally in the ppb range.]

9.2.8 An impurity level of <0.15 µg/cartridge of formaldehyde in DNPH-coated cartridge is acceptable (based on the Certification Blank section 5.10). An acceptable impurity level for an intended sampling application may be defined as the mass of the analyte (e.g., DNPH-formaldehyde derivative) in a unit volume of the reagent solution equivalent to less than one tenth (0.1) the mass of the corresponding analyte from a volume of an air sample when the carbonyl (e.g., formaldehyde) is collected as DNPH derivative in an equal unit volume of the reagent solution. An impurity level unacceptable for a typical 10L sample volume may be acceptable if sample volume is increased to 100L. If the impurity level is not acceptable for intended sampling application, repeat recrystallization.

9.2.9 If the impurity level is not satisfactory, pipet off the solution to waste, then add 25 mL of acetonitrile to the purified crystals. Repeat rinsing with 20 mL portions of acetonitrile until a satisfactorily low impurity level in the supernatant is confirmed by HPLC analysis.

9.2.10 If the impurity level is satisfactory, add another 25 mL of acetonitrile, stopper and shake the reagent bottle, then set aside. The saturated solution above the purified crystals is the stock DNPH reagent.

9.2.11 Maintain only a minimum volume of saturated solution adequate for day to day operation. This will minimize wastage of purified reagent should it ever become necessary to re-rinse the crystals to decrease the level of impurity for applications requiring more stringent purity specifications.

9.2.12 Use clean pipets when removing saturated DNPH stock solution for any analytical applications. Do not pour the stock solution from the reagent bottle.

9.3 Preparation of DNPH-Formaldehyde Derivative

[Note: Purified crystals or solutions of DNPH-derivatives can be purchased commercially.]

9.3.1 To a portion of the recrystallized DNPH, add sufficient 2N HCl to obtain an approximately saturated solution. Add to this solution formaldehyde (other aldehydes or ketones may be used if their detection is desirable), in molar excess of the DNPH. Allow it to dry in air.

9.3.2 Filter the colored precipitate, wash with 2N HCl and water and let the precipitate air dry.

9.3.3 Check the purity of the DNPH-formaldehyde derivative by melting point determination or HPLC analysis. The DNPH-formaldehyde derivative should melt at 167°C ± 1°C. If the impurity level is not acceptable, recrystallize the

derivative in ethanol. Repeat purity check and recrystallization as necessary until acceptable level of purity (e.g., 99%) is achieved.

9.3.4 DNPH derivatives of formaldehyde and other carbonyls suitable for use as standards are commercially available both in the form of pure crystals and as individual or mixed stock solutions in acetonitrile.

9.4 Preparation of DNPH-Formaldehyde Standards

9.4.1 Prepare a standard stock solution of the DNPH-formaldehyde derivative by dissolving accurately weighed amounts in acetonitrile.

9.4.2 Prepare a working calibration standard mix from serial dilution of the standard stock solution. The concentration of the DNPH-formaldehyde compound in the standard mix solutions should be adjusted to reflect relative distribution in a real sample.

[Note: Individual stock solutions of approximately 100 mg/L are prepared by dissolving 10 mg of the solid derivative in 100 mL of acetonitrile. The individual solution is used to prepare calibration standards containing the derivative of interest at concentrations of 0.5-20 µg/mL, which spans the concentration of interest for most ambient air work.]

9.4.3 Store all standard solutions in a refrigerator. They should be stable at least one month.

9.4.4 DNPH-formaldehyde standards can also be purchased from various commercial suppliers. If purchased, ensure that a "Certification of Concentration" is provided.

9.5 Preparation of DNPH-Coated Cartridges

[Note: This procedure must be performed in an atmosphere with a very low aldehyde background. All glassware and plastic ware must be scrupulously cleaned and rinsed with deionized water and carbonyl-free acetonitrile. Contact of reagents with laboratory air must be minimized. Polyethylene gloves must be worn when handling the cartridges. If the user wishes to purchase commercially prepared DNPH-coated cartridges, they are available from various vendors. If commercial prepared DNPH-coated cartridges are purchased, ensure that a "Certification Blank for Formaldehyde" is provided for the specific batch of which that cartridge is a member. For a commercial cartridge to be acceptable, the following criteria must be met:

- Formaldehyde concentration: <0.15 µg/cartridge.

If the enhanced carbonyl analysis is being performed, the following Certification Blank criteria must also be met:

- Speciated carbonyl concentration:
 - Acetaldehyde: <0.10 µg/cartridge
 - Acetone: <0.30 µg/cartridge
 - Other: <0.10 µg/cartridge

One who is not experienced in the preparation of DNPH-coated cartridge is strongly advised to use certified commercially available cartridges.]

9.5.1 DNPH Coating Solution

9.5.1.1 Pipet 30 mL of saturated DNPH stock solution to a 1000 mL volumetric flask, then add 500 mL acetonitrile.

9.5.1.2 Acidify with 1.0 mL of ortho-phosphoric acid (H₃PO₄).

[Note: The atmosphere above the acidified solution should preferably be filtered through a DNPH-coated cartridge to minimize contamination from laboratory air. Shake solution, then make up to volume with acetonitrile. Stopper the flask, invert and shake several times until the solution is homogeneous. Transfer the acidified solution to a reagent bottle with a 0-10 mL range positive displacement dispenser.]

9.5.1.3 Prime the dispenser and slowly dispense 10-20 mL to waste.

9.5.1.4 Dispense an aliquot solution to a sample vial, and check the impurity level of the acidified solution by HPLC according to Section 9.2.

9.5.1.5 The impurity level should be less than the Certification Blank of $<0.15 \mu\text{g}/\text{cartridge}$ for formaldehyde, similar to that in the DNPH coating solution.

9.5.2 Coating of Cartridges

9.5.2.1 Open the pre-packed cartridge package, connect the short end to a 10-mL syringe, and place it in a syringe rack (see Figure 7).

[Note: Prepare as many cartridges (~100) and syringes as possible.]

9.5.2.2 Using a positive displacement repetitive pipet, add 10 mL of acetonitrile to each of the syringes (see Figure 7).

9.5.2.3 Let liquid drain to waste by gravity.

[Note: Remove any air bubbles that may be trapped between the syringe and the silica cartridge by displacing them with the acetonitrile in the syringe.]

9.5.2.4 Set the repetitive dispenser containing the acidified DNPH coating solution to dispense 7 mL into the cartridges.

9.5.2.5 Once the effluent flow at the outlet of the cartridge has stopped, dispense 7 mL of the DNPH coating reagent into each of the syringes (see Figure 7).

9.5.2.6 Let the coating reagent drain by gravity through the cartridge until flow at the other end of the cartridge stops.

9.5.2.7 Wipe the excess liquid at the outlet of each of the cartridges with clean tissue paper.

9.5.2.8 Assemble a drying manifold with a scrubber or "guard cartridge" connected to each of the ports (see Figure 7). These "guard cartridges" are DNPH-coated and serve to remove any trace of formaldehyde in the nitrogen gas supply.

9.5.2.9 Insert cartridge connectors (flared at both ends, 0.64 by 2.5-cm outside diameter TFE-fluorocarbon FEP tubing with inside diameter slightly smaller than the outside diameter of the cartridge port) onto the long end of the scrubber cartridges.

9.5.2.10 Remove the cartridges from the syringes and connect the short ends to the exit end of the scrubber cartridge.

9.5.2.11 Pass nitrogen through each of the cartridges at about 300-400 mL/min for 5-10 minutes.

9.5.2.12 Within 10 minutes of the drying process, rinse the exterior surfaces and outlet ends of the cartridges with acetonitrile using a Pasteur pipet.

9.5.2.13 Stop the flow of nitrogen after 15 minutes, wipe the cartridge exterior free of rinsed acetonitrile and remove the dried cartridge.

9.5.2.14 Plug both ends of the coated cartridge with standard polypropylene Luer® male plugs, place the plugged cartridge in a shipping tube with polypropylene screw caps.

9.5.2.15 Put a serial number and a lot number label on each of the individual shipping tubes.

9.5.2.16 Store shipping tubes containing the DNPH-coated cartridges in a refrigerator at 4°C until use.

[*Note: Plugged cartridges may also be placed in screw-capped glass culture tubes and placed in a refrigerator until use. Cartridges will maintain their integrity for up to 90 days stored in refrigerated, capped shipping tubes.*]

9.5.2.17 Take a minimum of 3 blank cartridges from the cartridge batch and analyze for formaldehyde, as delineated in Section 11. The batch of user-prepared DNPH-coated cartridges is acceptable if the following criteria are met:

- Formaldehyde Certification Blank: <0.15 µg/cartridge.

If the enhanced carbonyl analysis is being performed, the following certification criteria must also be met:

- Speciated carbonyl concentration:
 - Acetaldehyde: <0.10 µg/cartridge
 - Acetone: <0.30 µg/cartridge
 - Other: <0.10 µg/cartridge

9.5.2.18 If analysis meets the above criteria, provide documentation with all cartridges associated with that batch involving "*Certification Blank for Formaldehyde.*" This certificate must be part of the project records.

9.5.2.19 If the cartridge results are close to, but above the Certification Blank, run a few more blank cartridges to check background level.

9.5.2.20 If analysis indicates failure of the cartridge, then *all* cartridges in that batch are unacceptable. Prepare a new batch of cartridges according to Section 9.5 until certification is achieved.

9.5.2.21 Store all certified cartridges in a refrigerator at 4 °C until use.

9.5.2.22 Before transport, remove the shipping container (or screw-capped glass culture tubes) containing the adsorbent tubes from the refrigerator and place culture tubes in a friction-top metal can containing 1-2 inches of charcoal for shipment to sampling location. Alternately, acidified DNPH-coated filters can be used in place of charcoal filters to remove impurity carbonyl compounds in the air.

9.5.2.23 As an alternative to friction-top cans for transporting sample cartridges, the coated cartridges could be shipped in their individual glass containers (see Figure 5a). A batch of coated cartridges may also be packed in a polypropylene shipping container for shipment to the field (see Figure 5b). The container should be padded with clean tissue paper or polyethylene-air bubble padding. Do not use polyurethane foam or newspaper as padding material.

9.5.2.24 The cartridges should be immediately stored in a refrigerator or freezer (<4 °C) upon arrival in the field.

9.6 Equivalent Formaldehyde Cartridge Concentration

9.6.1 One can calculate the equivalent formaldehyde background concentration (ppbv) contributed from a commercial or user-prepared DNPH-coated cartridge following exposure to formaldehyde-free air.

9.6.2 The equivalent formaldehyde background concentration includes the contribution of formaldehyde from both the acetonitrile and the cartridge.

9.6.3 Knowing the equivalent background concentration, as determined by the user (see Section 9.5.2) or supplied by the commercial supplier (see *Note*, Section 9.5), of formaldehyde in the cartridge (ng/cartridge), the formaldehyde background concentration contributed by the DNPH-coated cartridge (thus the method minimum detection limits) can be related to the total sample volume, as identified in Table 3.

9.6.4 For example, if the averaged background formaldehyde concentration supplied by the manufacturer is 70 ng/cartridge, then that cartridge can add 0.95 ppbv of equivalent formaldehyde, to the final ambient air concentration value, as delineated in Table 3 for a total air volume of 60 L.

9.6.5 The user should use DNPH-coated cartridges with the lowest background concentration to improve accuracy and detection limits.

10. Sampling Procedure

10.1 The sampling system is assembled and should be similar to that shown in Figures 3 and 4.

[Note: Figures 3 and 4 illustrate different tube/pump configurations. The tester should ensure that the pump is capable of constant flow rate throughout the sampling period.]

It is recommended that the sampling system employ a heated inlet (~50°C) coupled to an ozone denuder or scrubber to minimize water and ozone interference associated with the DNPH-coated adsorbent tube. Historically, the coated cartridges have been used as direct probes and traps for sampling ambient air when the ambient temperature was above freezing.

[Note: As illustrated in Figure 8, the ozone denuder has been effective for up to 80 hours without

breakthrough at ozone levels of approximately 700 ppb. Other studies have evaluated both denuders and scrubbers at ozone concentrations between 125 and 200 ppbv and found they have effectively removed ozone from the air stream for up to 100,000 ppb-hours; however, moisture was required (~10% RH) in the gas stream (26). The user should evaluate the length of time of the application of the denuder or scrubber to his field work. Caution should be utilized when using these devices for extensive periods of time at high humidity (>65%). Regarding the 24 hour samples, special caution should be taken while sampling nighttime periods when relative humidities approaching 100% are frequently encountered. It is recommended that routine schedule of ozone removal device replacement should be implemented as part of the sampling program.]

[Note: For sampling ambient air below freezing, a short length (30-60 cm) of heated (50-60°F) stainless steel tubing must be added to condition the air sample prior to collection on the DNPH-coated cartridges.]

10.2 Before sample collection, the system must be checked for leaks. Plug the inlet of the system so no flow is indicated at the output end of the pump. The mass flow meter should not indicate any air flow through the sampling apparatus.

10.3 Air flow through the DNPH-adsorbent cartridge may change during sampling as airborne particles deposit on the front of the cartridge. The flow change could be significant when sampling particulate-laden atmospheres. Particle concentrations greater than 50 ug/m³ are likely to represent a problem. For unattended or extended sampling periods, a mass flow controller is highly recommended to maintain constant flow. The mass flow controller should be set at least 20% below the maximum air flow through the cartridge.

10.4 The entire assembly (including a "test" sampling cartridge) is installed and the flow rate checked at a value near the desired sampling rate. In general, flow rates of 1,000-2,000 mL/min should be employed. The total sample volume should be selected to ensure that the collected formaldehyde concentration exceeds the background formaldehyde DNPH-cartridge concentration, as illustrated in Table 3. The total moles of carbonyl in the volume of air sampled should

not exceed that of the DNPH concentration (i.e., 2 mg cartridge). In general, a safe estimate of the sample size should be 75% of the DNPH loading of the cartridge.

[Note: If the user suspects that there will be breakthrough of a DNPH-coated cartridge during the sampling event, a backup cartridge should be used during the first sampling event. One would analyze the back-up cartridge for formaldehyde. If the back-up cartridge concentration exceeds 10% of the formaldehyde concentration on the front cartridge, then continue to use back-up cartridges in the monitoring program. However, if formaldehyde is not detected above the average blank level in the back-up cartridge after the first sampling event, then one can continue to use only one cartridge under normal representative conditions.]

[Note: The SKC tube is a dual bed configuration, allowing one to analyze the back bed (see Figure 2) for quantifying breakthrough.]

Generally, calibration is accomplished using a soap bubble flow meter or calibrated wet test meter connected to the flow exit, assuming the system is sealed.

[Note: ASTM Method D3686 describes an appropriate calibration scheme that does not require a sealed flow system downstream of the pump.]

10.5 The operator must measure and record the sampling flow rate at the beginning and end of the sampling period to determine sample volume. A dry gas meter may be included in the system to measure total sample volume and to compare against the in-line mass flow controller. Some commercial systems use flow monitors with data loggers to make these measurements.

10.6 Before sampling, flush the inlet (denuder/manifold, etc.) for approximately 15 min at the established flow rate to condition the system. Remove the glass culture tube from the friction-top metal can or styrofoam box. Let the cartridge warm to ambient temperature in the glass tube before connecting it to the sample train.

10.7 Using polyethylene gloves, remove the DNPH-coated cartridge from the shipping container and connect it to the sampling system with a Luer® adapter fitting. Most commercially available cartridges are bidirectional. However, review manufacturer suggestions for orientation of the cartridge to the inlet of the sampler.

[Note: If using the SKC dual bed tube, ensure the ambient air is pulled through the tube in the direction encribed on the tube by an arrow.]

Record the following parameters on Compendium Method TO-11A field test datasheet (FTDS), as illustrated in Figure 9: date, sampling location, time, ambient temperature, barometric pressure (if available), relative humidity (if available), dry gas meter reading (if appropriate), flow rate, rotameter setting, cartridge batch number, and dry gas meter pump identification numbers.

10.8 The sampler is turned on and the flow is adjusted to the desired rate. A typical flow rate through one cartridge is 1.0 L/min and 0.8 L/min for two tandem cartridges.

10.9 The sampler is operated for the desired period, with periodic recording of the variables listed in Figure 9.

10.10 If the ambient air temperature during sampling is below 15°C, a heated inlet probe is recommended. However, no pronounced effect of relative humidity (between 25% - 90%) has been observed for sampling under various weather

conditions--cold, wet, and dry winter months and hot and humid summer months. However, a negative bias has been observed when the relative humidity is <25%. At high humidity, the possibility of condensation must be guarded against, especially when sampling is in an air conditioned trailer.

10.11 At the end of the sampling period, the parameters discussed in Section 10.7 are recorded and the sample flow is stopped. If a dry gas meter is not used, the flow rate must be checked at the end of the sampling interval. If the flow rates at the beginning and end of the sampling period differ by more than 10%, the sample should be marked as suspect.

10.12 Immediately after sampling, remove the cartridge (using polyethylene gloves) from the sampling system, cap with Luer® end plugs, and place it back in the original labeled glass shipping container or culture tube. Cap, seal with TFE-fluorocarbon tape, and place it in appropriate padding. Refrigerate at 4°C until analysis. Refrigeration period prior to analysis should not exceed 2 weeks. If a longer storage period is expected, the cartridge should be extracted with 5 mL of acetonitrile (see Section 11.2.4 and 11.2.5) and the eluant placed in a vial for long term storage.

[Note: If samples are to be shipped to a central laboratory for analysis, the duration of the non-refrigerated period should be kept to a minimum, preferably less than two days.]

10.13 If a dry gas meter or equivalent total flow indicator is not used, the average sample flow rate must be calculated according to the following equation:

$$Q_A = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_N}{N}$$

where:

Q_A = average flow rate, L/min.
 Q_1, Q_2, \dots, Q_N = flow rates determined at beginning, end, and intermediate points during sampling, L/min.
 N = number of points averaged.

10.14 The total flow rate is then calculated using the following equation:

$$V_m = (T_2 - T_1) \times Q_A$$

where:

V_m = total volume sampled at measured temperature and pressure, L.
 T_2 = stop time, minutes.
 T_1 = start time, minutes.
 $T_2 - T_1$ = total sampling time, minutes.
 Q_A = average flow rate, L/min.

10.15 The total volume (V_s) at EPA standard conditions, 25°C and 760 mm Hg, is calculated from the following equation:

$$V_s = V_m \times \frac{\bar{P}_A}{760} \times \frac{298}{273 + \bar{T}_A}$$

where:

- V_s = total sample volume at 25°C and 760 mm Hg pressure, L.
 V_m = total sample volume at measured temperature and pressure, L.
 \bar{P}_A = average ambient pressure, mm Hg.
 \bar{T}_A = average ambient temperature, °C.

11. Sample Analysis

11.1 Sample Preparation

11.1.1 The samples (trip blank, field blank and field samples) are returned to the laboratory in a shipping container and stored in a refrigerator at (<4°C) until analysis. Alternatively, the samples may also be stored alone in their individual containers.

11.1.2 The time between sampling and extraction should not exceed 2 weeks. Since background levels in the cartridges may change due to adsorption during storage, always compare field samples to their associated field and trip blank samples, stored under the same conditions.

11.2 Sample Extraction

[Note: Beware of unintentional exposure of samplers and eluted samples to aldehyde and ketone sources. Laboratory air often holds high concentrations of acetone. Labeling inks, adhesives, and packaging containers (including vials with plastic caps) are all possible sources on contamination.]

[Note: Contamination is most likely to occur during sample extraction. Before eluting derivatives, clean all glassware by rinsing with acetonitrile, then heating in a 60°C vacuum oven for at least 30 minutes. Eluting the samples in a nitrogen-purged glove bag further reduces the risk of contamination.]

The acetonitrile used to elute the DNPH derivatives is a typical source of contamination. Formaldehyde-free acetonitrile used to elute samples should be used only for this purpose, and stored in a carbonyl free environment. A concentration of 10 µg/L of any aldehyde or ketone in the acetonitrile adds 0.05 µg of that carbonyl to sample blank values if using 5 mL extraction volumes.]

11.2.1 Remove the sample cartridge from the labeled shipping tube or container. Connect the sample cartridge to a clean syringe. (Some commercial cartridges do not require the addition of a syringe for elution.)

[Note: The liquid flow during desorption should be in the reverse direction of air flow during sample collection.]

11.2.2 Place the sample cartridge syringe in the syringe rack (see Figure 7).

[Note: If the two beds in the SKC tube are being recovered separately for breakthrough studies, break the tube and place the beds in separate vials. Add exactly 5 mL of acetonitrile to each vial. Proceed with recovery, as specified in Section 11.2.4 through Section 11.2.5. Particulate in the relatively small number of samples used in the breakthrough studies should not adversely impact the sample valve or back pressure.]

11.2.3 Backflush the cartridge (gravity feed) by passing 5 mL of acetonitrile from the syringe through the cartridge to a 5-mL volumetric flask. The backflush elution approach may add particulate particles also collected on the cartridge to the acetonitrile solution which can cause sample valve failure and increase column back pressure. To minimize this, frontflush the cartridge contents with the acetonitrile reagent rather than backflush. The use of 5 mL of acetonitrile is sufficient for quantitative cartridge sample elution in either mode.

[Note: A dry cartridge has an acetonitrile holdup volume of about 0.3 mL. The eluant flow may stop before the acetonitrile in the syringe is completely drained into the cartridge because of air trapped between the cartridge filter and the syringe Luer® tip. If this happens, displace the trapped air with the acetonitrile in the syringe using a long-tip disposable Pasteur pipet.]

11.2.4 Dilute to the 5-mL mark with acetonitrile. Label the flask with sample identification. Store in refrigerated conditions until the sample is analyzed by HPLC. Pipet two aliquots into sample vials with TFE-fluorocarbon-lined septa. Analyze the first aliquot for the derivative carbonyls by HPLC. Store the second aliquot in the refrigerator until the results of the analysis of the first aliquot are complete and validated. The second aliquot can be used for confirmatory analysis, if necessary.

11.2.5 Sample eluates are stable at 4 °C for up to one month.

11.3 HPLC Analysis

11.3.1 The HPLC system is assembled and calibrated as described in Section 11.4. The operating parameters are as follows when formaldehyde is the only carbonyl of interest:

<u>Column:</u>	Zorbax ODS (4.6-mm ID x 25-cm), or equivalent.
<u>Mobile Phase:</u>	60% acetonitrile/40% water, isocratic.
<u>Detector:</u>	ultraviolet, operating at 360 nm.
<u>Flow Rate:</u>	1.0 mL/min.
<u>Retention Time:</u>	7 minutes for formaldehyde with one Zorbax ODS column. Thirteen minutes for formaldehyde with two Zorbax ODS columns.
<u>Sample Injection Volume:</u>	25 µL.

Before each analysis, the detector baseline is checked to ensure stable conditions.

11.3.2 The HPLC mobile phase is prepared by mixing 600 mL of acetonitrile and 400 mL of water. This mixture is filtered through a 0.22-µm polyester membrane filter in an all-glass and Teflon® suction filtration apparatus. The filtered mobile phase is degassed by purging with helium for 10-15 minutes (100 mL/min) or by heating to 60 °C for 5-10 minutes in an Erlenmeyer flask covered with a watch glass. A constant back pressure restrictor (350 kPa) or short length (15-30 cm) of 0.25-mm (0.01 inch) ID Teflon® tubing should be placed after the detector to eliminate further mobile phase outgassing.

11.3.3 The mobile phase is placed in the HPLC solvent reservoir and the pump is set at a flow rate of 1.0 mL/min and allowed to pump for 20-30 minutes before the first analysis. The detector is switched on at least 30 minutes before the first analysis, and the detector output is displayed on a strip chart recorder or similar output device. The isocratic flow of 60% acetonitrile/40% water is adequate for the analysis of formaldehyde; however, sufficient time between air sample analyses is required to assure that all other carbonyl compounds are eluted from the HPLC column prior to the next sample. The gradient flow approach, mentioned later (see Section 14.3) is properly programmed to elute other carbonyl compounds.

11.3.4 A 100- μ L aliquot of the sample is drawn into a clean HPLC injection syringe. The sample injection loop (25- μ L) is loaded and an injection is made. The data system, if available, is activated simultaneously with the injection. If a strip chart recorder is used, mark the point of injection on the chart paper.

11.3.5 After approximately one minute, the injection valve is returned to the "load" position and the syringe and valve are rinsed or flushed with acetonitrile/water mixture in preparation for the next sample analysis.

[Note: The flush/rinse solvent should not pass through the sample loop during flushing.]

The loop is cleaned while the valve is in the "load" mode.

11.3.6 After elution of the DNPH-formaldehyde derivative (see Figure 10), data acquisition is terminated and the component concentrations are calculated as described in Section 12.

11.3.7 After a stable baseline is achieved, the system can be used for further sample analyses as described above. Be sure to examine the chromatogram closely to ensure that background DNPH-formaldehyde derivative peaks are not on the solvent slope of the DNPH peak.

[Note: After several cartridge analyses, background buildup on the column may be removed by flushing with several column volumes of 100% acetonitrile.]

11.3.8 If the concentration of analyte exceeds the linear range of the instrument, the sample should be diluted with mobile phase, or a smaller volume can be injected into the HPLC.

11.3.9 If the retention time is not duplicated ($\pm 10\%$), the acetonitrile/water ratio may be increased or decreased to obtain the correct elution time. If the elution time is too long, increase the ratio; if it is too short, decrease the ratio. If retention time is not reproducing, the problem may be associated with the HPLC flow system. A control chart is recommended to evaluate retention time changes.

[Note: The chromatographic conditions described here have been optimized for the detection of formaldehyde. Analysts are advised to experiment with their HPLC system to optimize chromatographic conditions for their particular analytical needs. If a solvent change is necessary, always recalibrate before running samples.]

11.4 HPLC Calibration

11.4.1 Calibration standards can be prepared by the user in acetonitrile from the solid DNPH-formaldehyde derivative or liquid standards can be purchased from various manufacturers. From the solid compound, individual stock solutions of 100 μ g/mL are prepared by dissolving 10 mg of solid derivative in 100 mL of acetonitrile. Since the MW of HCHO-hydrazone is 210 g/mol, and the MW of HCHO is 30 g/mol, the stock solution concentration converts to 14.3 μ g/mL as formaldehyde ($30/210 \times 100 \mu\text{g/mL}$). The solid compound is weighed using a 5-place analytical balance and liquid dilutions are made with volumetric glassware. Stock solutions obtained from commercial suppliers generally range from 1 to 50 μ g/mL as the carbonyl compound. These stock solutions are typically provided in 1 mL ampules.

11.4.2 Using the stock solution, working calibration standards are produced. To generate the highest concentration working standard, use a pipette to quantitatively transfer 1.00 mL of the stock solution to a 25 mL volumetric flask. For example, using a 14.3 μ g/mL stock solution produces a working standard solution of 570 ng/mL

(14300 ng/mL x 1/25). The high concentration working standard diluted serially, using 1 to 5 mL pipettes and volumetric flasks, can produce working standards ranging between 28.5 and 570 ng/mL.

11.4.3 Each calibration standard (at least five levels) is analyzed three times and area response is tabulated against mass concentration injected (see Figure 11). All calibration runs are performed as described for sample analyses in Section 11.3. The results are used to prepare a calibration curve, as illustrated in Figure 12. The slope of the calibration curve gives the response factor, RF. Linear response is indicated where a correlation coefficient of at least 0.999 for a linear least-squares fit of the data (mass concentration versus area response) is obtained. The intercept of the calibration curve should pass through the origin. If it does not, check your reagents and standard solutions preparation procedure for possible contamination. If the calibration curve does not pass through the origin, the equation for the calibration curve should include the intercept.

11.4.4 Each new calibration curve should be verified by analyzing a standard prepared from material obtained from a second source. This standard should show a recovery of 85 to 115%. If not, corrective action is required to eliminate the discrepancy between the two sources of the standard material.

11.4.5 Once linear response has been documented, a concentration standard near the anticipated levels of each carbonyl component, but at least 10 times the detection limit, should be chosen for daily calibration. The day to day response for the various components should be within 10% of the calibration value. If greater variability is observed, prepare a fresh calibration check standard. If the variability using a freshly prepared calibration check standard is greater than 15% , a new calibration curve must be developed from fresh standards. A plot of the daily values on a Quality Control Chart (day versus concentration) is helpful to check for long term drift of the concentration value.

11.4.6 The response for each component in the daily calibration standard is used to calculate a response factor according to the following equation shown for formaldehyde:

$$R F_{\text{HCHO}} = \frac{(P - P_o)}{C_{\text{HCHO}}}$$

where:

RF_{HCHO} = response factor for formaldehyde given as area counts per ng/mL.

C_{HCHO} = concentration of analyte in the calibration standard in units of ng/mL.

P = peak area counts for the formaldehyde standard.

P_o = calibration curve intercept; in most cases this is zero.

11.4.7 The RF for each carbonyl compound is determined in the same way as that given for formaldehyde. The concentration of HCHO and other carbonyl compounds is determined with the calibration curves for each component in the analyzed sample. Example calculation for HCHO is given in section 12.

12. Calculations

Determination of the carbonyl compound air concentration requires three steps: (1) determination of the average blank and the standard deviation of the blank; (2) determination of the collected carbonyl compound mass of the cartridge; (3) calculation of the carbonyl compound air concentration. The following discussion provides these steps for formaldehyde.

12.1 Blank Determination

Since the blank level for any arbitrary cartridge is unknown, an average value for the blank is used in the calculation. As noted earlier, the average blank value is determined for each lot of cartridges. For a given lot size, N , a minimum of \sqrt{N} cartridge blanks (rounded to the next whole number) should be analyzed; i.e., for a lot size of

200, a minimum of $\sqrt{200}$ or 14 cartridge blanks should be analyzed. A minimum of 3 of these blanks are used for the Certification Blank, and the remaining 11 are used for field blanks. The mass of HCHO on each cartridge is determined by multiplying the observed peak area for blank cartridge solution by the acetonitrile extract volume (typically 5 mL) and dividing by the response factor as provided in the following equation:

$$M_{\text{BL-HCHO}_i} = \frac{P_{\text{BL-HCHO}_i} \times V_E}{R_{\text{HCHO}}}$$

where:

- $M_{\text{BL-HCHO}_i}$ = the blank HCHO mass for cartridge , i.
- R_{HCHO} = HCHO response factor calculated in Section 11.4.5.
- $P_{\text{BL-HCHO}_i}$ = area counts for HCHO in blank sample extract.
- V_E = extract volume in mL (usually 5 mL).

Once all blank cartridges have been measured, the average blank value is determined by the following equation:

$$\bar{M}_{\text{BL-HCHO}} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N M_{\text{BL-HCHO}_i}$$

where:

- $\bar{M}_{\text{BL-HCHO}}$ = the average HCHO mass for all cartridges.
- $M_{\text{BL-HCHO}_i}$ = blank HCHO mass for cartridge, i.
- N = the number of blank cartridges.

[Note: Measurement of cartridge blanks should be distributed over the period that this particular cartridge lot is used for ambient air sampling. It is recommended that a trend plot of blank results be constructed to evaluate background carbonyl results over the period of cartridge lot utilization in the sampling program. If significant drifting is observed, blank average values should be segmented to be more representative of carbonyl background.]

12.2 Carbonyl Analyte Mass

The calculation equation for the mass of the collected carbonyl compounds on an individual cartridge is the same as that for the cartridge blanks. The gross measured carbonyl mass is determined with an equation analogous to that given in section 12.1. The equation for formaldehyde is given as:

$$M_{\text{SA}_i} = \frac{P_{\text{SA}_i} \times V_E}{R_{\text{HCHO}}}$$

where:

- M_{SA_i} = gross HCHO mass for cartridge, i.
- P_{SA_i} = HCHO peak area counts for cartridge, I.

RF_{HCHO} = the response factor for HCHO.

V_E = acetonitrile extract volume in mL (typically 5 mL).

The net HCHO mass for an individual cartridge is determined by subtracting the average blank value from the gross HCHO mass obtained for sample i , and is given as:

$$M_{\text{HCHO}_i} = M_{\text{S A}_i} - \bar{M}_{\text{BL-HCHO}}$$

12.3 Carbonyl Compound Concentration

The sample air concentration for carbonyl compounds cannot be determined directly from the mass measurement and requires conversion to units of volume. The conversion calculation for HCHO is determined using the ideal gas law and is given by the following equation:

$$V_{\text{HCHO}_i} = \frac{M_{\text{HCHO}_i}}{\text{MW}} \times (R \times T_{\text{AMB}}) \times \frac{760}{P_{\text{AMB}}}$$

where:

V_{HCHO_i} = gas volume of HCHO on cartridge, i .

M_{HCHO_i} = mass of HCHO on cartridge, i .

MW = molecular weight of HCHO, 30.03 g/mole.

R = gas constant, 0.082 L-atm/mol-deg.

T_{AMB} = ambient air temperature in degrees Kelvin, $273 + T$ ($^{\circ}\text{C}$).

P_{AMB} = ambient air pressure in torr.

For an ambient air temperature of 25°C and a pressure of 760 torr, the ideal law equation reduces to:

$$V_{\text{HCHO}_i} = 1.2276 \times M_{\text{HCHO}_i}$$

In this equation, the HCHO mass in ng is converted to a volume in nL. The volume of air that was passed through the cartridge was measured by either a mass flow controller or dry test meter calibrated at a known temperature and pressure. To determine HCHO concentration in the units of ppbv, apply the following equation:

$$C_{\text{HCHO ppbv}} = \frac{V_{\text{HCHO}_i}}{V_{\text{AIR}}}$$

where:

$$\begin{aligned}V_{\text{HCHO}_i} &= \text{volume of formaldehyde in nL} \\V_{\text{AIR}} &= \text{volume of sample air through the cartridge}\end{aligned}$$

13. Performance Criteria and Quality Assurance

This section summarizes required quality assurance measures and provides guidance concerning performance criteria that should be achieved within each laboratory.

13.1 Standard Operating Procedures (SOPs).

13.1.1 Users should generate SOPs describing the following activities in their laboratory: (1) assembly, calibration, and operation of the sampling system, with make and model of equipment used; (2) preparation, purification, storage, and handling of sampling reagent and samples; (3) assembly, calibration, and operation of the HPLC system, with make and model of equipment used; and (4) all aspects of data recording and processing including lists of computer hardware and software used.

13.1.2 SOPs should provide specific stepwise instructions and should be readily available to and understood by the laboratory personnel conducting the work.

13.2 HPLC System Performance

13.2.1 The general appearance of the HPLC system should be similar to that illustrated in Figure 1.

13.2.2 HPLC system efficiency is calculated according to the following equation:

$$N = 5.54 \left(\frac{t_r}{W_{1/2}} \right)^2$$

where:

$$\begin{aligned}N &= \text{column efficiency, theoretical plates.} \\t_r &= \text{retention time of analyte, seconds.} \\W_{1/2} &= \text{width of component peak at half height, seconds.}\end{aligned}$$

A column efficiency of >5,000 theoretical plates should be utilized.

13.2.3 Precision of response for replicate HPLC injections should be $\pm 10\%$ or less, day to day, for analyte calibration standards at 150 ng/mL or greater levels (as the carbonyl compound). At 75 ng/mL levels and below, precision of replicate analyses could vary up to 25%. Precision of retention times should be $\pm 7\%$ on a given day.

13.3 Process Blanks

13.3.1 At least one field blank should be used for each day of field sampling, shipped and analyzed with each group of samples. The number of samples within a group and/or time frame should be recorded so that a specified minimum number of blanks is obtained for a given cartridge lot used for field samples. The field blank is treated identically to the samples except that no air is drawn through the cartridge. The performance criteria described in Section 9.2 should be met for field blanks. It is also desirable to analyze trip and laboratory blank cartridges as well, to distinguish between possible field and lab contamination.

[Note: Remember to use the field blank value for each cartridge lot when calculating concentration. Do not mix cartridge lots in the blank value determinations.]

13.4 Method Precision and Accuracy

13.4.1 At least 50% of the sampling events should include a collocated sample. A collocated sample is defined as a second sampling port off the common sampling manifold. If more than five samples are collected per sampling event, a collocated sample should be collected for each sampling event. Precision for the collocated samples should be $\pm 20\%$ or better. EPA historical data has demonstrated effectiveness in reaching $\pm 20\%$, as illustrated in Figure 13.

13.4.2 Precision for replicate HPLC injections should be $\pm 10\%$ or better, day to day, for calibration standards.

13.4.3 Cartridges spiked with analytes of interest can be used in round-robin studies to intercompare several laboratories performing carbonyl analyses. The spiked samples are prepared in the laboratory by spiking a blank cartridge with a solution of derivatized carbonyls in acetonitrile. The laboratory preparing the spike samples should analyze at a minimum 3 of the prepared spiked samples to evaluate the consistency of prepared samples.

13.4.4 Before initial use of the method, each laboratory should generate triplicate spiked samples at a minimum of three concentration levels, bracketing the range of interest for each compound. Triplicate nonspiked samples must also be processed. Spike recoveries of $>80 \pm 10\%$ and blank levels should be achieved.

13.4.5 For ambient air sampling, an ozone denuder must be used as part of the sampling system. As discussed in Section 6.4, ozone effects the ultimate method precision and accuracy by reacting with its carbonyl derivative (hydrazones) on the cartridge. To illustrate this point, Figure 14 documents the concentration of formaldehyde captured on collocated DNPH-cartridges, one with a denuder (see Figure 14a) and the other without a denuder (see Figure 14b). The formaldehyde peak is considerably higher with use of an ozone denuder.

13.5 Method Detection Limits

13.5.1 Determine method detection limits using the procedures in 40 CFR Part 136B. Prepare a low level standard of the carbonyl derivatives at a concentration within two to five times the estimated method detection limit. Inject the standard into the analytical system seven times.

13.5.2 Calculate the measured concentration using the calibration curve.

13.5.3 Determine the standard deviation for the seven analyses and use the standard deviation to calculate the detection limit as described in 40 CFR Part 136B.

13.6 General QA/QC Requirements

13.6.1 General QA/QC requirements associated with the performance of Compendium Method TO-11A include:

Sampling

- Each sampling event, flow calibration with bubble meter, both pre- and post-checks.
- Mass flow meter calibration factor determined every quarter.
- Each sampling event, leak check, both pre- and post-checks.
- 10 percent of field samples collocated to help calculate method precision and evaluate biases.
- 10 percent of field samples operated with back-up cartridge to evaluate analyte breakthrough.
- Field and trip (optional) blank cartridges are included with each field sample collection program.
- Sample volumes calculated and reviewed project QA officer.

Reagents

- Coating solution prepared from concentrated stock solution immediately before each coating.

- Solution analyzed before each coating to determine acceptability (less than 0.15 µg/cartridge for each aldehyde), control chart of contaminant concentration maintained.
- Three blank cartridges per lot for immediate elution/analysis to determine Certification Blank for the carbonyl compounds.

Analysis

- Multi point calibration curve performed each six months.
- Each initial calibration verified with a standard from a second source.
- Continuing calibration standard (mid-level) analyses every analytical run to evaluate precision, peak resolution and retention time drift.
- Method detection limits (MDLs) verified annually or after each instrument change.
- Replicate analysis of approximately 10 percent of sample eluents to evaluate precision.
- Samples quantitated against least squares calibration line.
- Performance evaluation (PE) sample acquired from independent sources analyzed prior to and after field samples.
- Random collocated samples shipped to independent laboratory for analysis and compared to in-house collocated sample.
- Testing of acetonitrile used for sample extraction for background carbonyl evaluation.

Data Acquisition

- Sample chromatograms and standards checked daily for peak shape and integration quality, resolution of carbonyls, overall sensitivity and retention time drift.
- Separate tape backups made of raw data immediately after completion of each analysis.
- Peaks in each sample checked for correct ID and integration using system software before export to ASCII file.
- Final results checked and edited by project QA officer before producing final report.
- Tape backups of final data files produced.

13.6.2 All results should be reviewed by the project QA officer, independent of the field and laboratory operations, to evaluate the overall adherence to the methodology in meeting the program data quality objectives (DQOs).

14. Detection of Other Aldehydes and Ketones

14.1 Introduction

14.1.1 The procedure outlined above has been written specifically for the sampling and analysis of formaldehyde in ambient air using an adsorbent cartridge and HPLC. Ambient air contains other aldehydes and ketones. Optimizing chromatographic conditions by using two Zorbax ODS columns in series and varying the mobile phase composition through a gradient program will enable the analysis of other aldehydes and ketones. Alternatively, other aldehydes and ketones may also be analyzed using a single C-18, reverse phase column and a ternary gradient as described by Waters or Smith, et al. (*J. Chromatography*, 483, 1989, 431-436). Thus, other aldehydes and ketones can be detected with a modification of the basic procedure.

14.1.2 In particular, chromatographic conditions can be optimized to separate acetaldehyde, acetone, propionaldehyde, and some higher molecular weight carbonyls within an analysis time of about 1 h by utilizing two Zorbax ODS columns in series, and a linear mobile phase program. Operating the HPLC in a gradient mode with one Zorbax ODS column may also provide adequate resolution and separation. Carbonyl compounds covered within the scope of this modification include:

Formaldehyde	Crotonaldehyde	
<i>o</i> -Tolualdehyde		
Acetaldehyde	Butyraldehyde	
<i>m</i> -Tolualdehyde		
Acetone	Benzaldehyde	
<i>p</i> -Tolualdehyde		
Propionaldehyde	Isovaleraldehyde	
Hexanaldehyde		
Valeraldehyde	2,5-Dimethylbenzaldehyde	Methyl ethyl ketone

14.1.3 The linear gradient program varies the mobile phase composition periodically to achieve maximum resolution of the C-3, C-4 and benzaldehyde region of the chromatogram. The following gradient program was found to be adequate to achieve this goal: Upon sample injection, linear gradient from 65% acetonitrile (ACN)/35% water to 55% ACN/45% water in 36 min; to 100% ACN in 20 min; 100% ACN for 5 min; reverse linear gradient from 100% ACN to 60% ACN/40% water in 1 min; maintain at 60% ACN/40% water for 15 min.

14.2 Sampling Procedures

Same as Section 10.

14.3 HPLC Analysis

14.3.1 The HPLC system is assembled and calibrated as described in Section 11. The operating parameters are as follows:

Column: Zorbax ODS, two columns in series

Mobile Phase: Acetonitrile/water, linear gradient

Step 1. 60-75% acetonitrile/40-25% water in 30 minutes.

Step 2. 75-100% acetonitrile/25-0% water in 20 minutes.

Step 3. 100% acetonitrile for 5 minutes.

Step 4. 60% acetonitrile/40% water reverse gradient in 1 minute.

Step 5. 60% acetonitrile/40% water, isocratic, for 15 minutes.

Detector: Ultraviolet, operating at 360 nm

Flow Rate: 1.0 mL/min

Sample Injection Volume: 25 μ L

14.3.2 The gradient program allows for optimization of chromatographic conditions to separate acetaldehyde, acetone, propionaldehyde, and other higher molecular weight aldehydes and ketones in an analysis time of about one hour.

14.3.3 The chromatographic conditions described here have been optimized for a gradient HPLC system equipped with a UV detector (variable wavelength), an automatic sampler with a 25- μ L loop injector and two DuPont Zorbax ODS columns (4.6 x 250-mm), a recorder, and an electronic integrator. Analysts are advised to experiment with their HPLC systems to optimize chromatographic conditions for their particular analytical needs. Highest chromatographic resolution and sensitivity are desirable but may not be achieved. The separation of acetaldehyde, acetone, and propionaldehyde should be a minimum goal of the optimization.

14.3.4 The carbonyl compounds in the sample are identified and quantified by comparing their retention times and area counts with those of standard DNPH derivatives. Formaldehyde, acetaldehyde, acetone, propionaldehyde, crotonaldehyde, benzaldehyde, and *o*-, *m*-, *p*-tolualdehydes can be identified with a high degree of confidence. The

identification of butyraldehyde is less certain because it coelutes with isobutyraldehyde and is only partially resolved from methyl ethyl ketone under the stated chromatographic conditions. A typical chromatogram obtained with the gradient HPLC system for detection of other aldehydes and ketones is illustrated in Figure 15.

14.3.5 The concentrations of individual carbonyl compounds are determined as outlined in Section 12.

14.3.6 Performance criteria and quality assurance activities should meet those requirements outlined in Section 13.

15. Precision and Bias

15.1 This test method has been evaluated by round robin testing. It has also been used by two different laboratories for analysis of over 1,500 measurements of formaldehyde and other aldehydes in ambient air for EPA's Urban Air Toxics Program (UATP), conducted in 14 cities throughout the United States.

15.2 The precision of 45 replicate HPLC injections of a stock solution of formaldehyde-DNPH derivative over a 2-month period has been shown to be 0.85% relative standard deviation (RSD).

15.3 Triplicate analyses of each of twelve identical samples of exposed DNPH cartridges provided formaldehyde measurements that agreed within 10.9% RSD.

15.4 A total of 16 laboratories in the U.S., Canada, and Europe participated in a round robin test that included 250 blank DNPH-cartridges, three sets of 30 cartridges spiked at three levels with DNPH derivatives, and 13 sets of cartridges exposed to diluted automobile exhaust gas. All round robin samples were randomly distributed to the participating laboratories. A summary of the round robin results is shown in Table 4.

15.5 The absolute percent differences between collocated duplicate sample sets from the 1988 UATP program were 11.8% for formaldehyde ($n=405$), 14.5% for acetaldehyde ($n=386$), and 16.7% for acetone ($n=346$).

15.6 Collocated duplicate samples collected in the 1989 UATP program and analyzed by a different laboratory showed a mean RSD of 0.07, correlation coefficient of 0.98, and bias of -0.05 for formaldehyde. Corresponding values for acetaldehyde were 0.12, 0.95 and -0.54, respectively. In the 1988 UATP program, single laboratory analyses of spiked DNPH cartridges provided over the year showed an average bias of +6.2% for formaldehyde ($n=14$) and +13.8% for acetaldehyde ($n=13$).

15.7 Single laboratory analyses of 30 spiked DNPH cartridges during the 1989 UATP program showed an average bias of +1.0% (range -49 to +28%) for formaldehyde and 5.1% (range -38% to +39%) for acetaldehyde.

16. References

1. Riggin, R. M., "Determination of Aldehydes and Ketones in Ambient Air: Method TO-5," in *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-84-041, Research Triangle Park, NC, April 1984.
2. Winberry, W. T. Jr., et al., "Determination of Formaldehyde and Other Aldehydes in Indoor Air Using Passive Sampling Device, Method IP-6C," in *Compendium of Methods for the Determination of Air Pollutants in Indoor Air*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-90-010, May 1990.
3. Tejada, S.B., "Standard Operating Procedure For DNPH-coated Silica Cartridges For Sampling Carbonyl Compounds In Air And Analysis by High-performance Liquid Chromatography," Unpublished, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, March 1986.

4. Tejada, S.B., "Evaluation of Silica Gel Cartridges Coated *in situ* with Acidified 2,4-Dinitrophenylhydrazine for Sampling Aldehydes and Ketones in Air," *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, Vol. 26:167-185, 1986.
5. Winberry, W. T. Jr., et al., "Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Adsorbent Cartridge Followed by HPLC: Method TO-11," in *Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Supplement*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-89-018, Research Triangle Park, NC, March 1989.
6. Winberry, W. T. Jr., et al., "Determination of Formaldehyde and Other Aldehydes in Indoor Air Using a Solid Adsorbent Cartridge: Method IP-6A," in *Compendium of Methods for the Determination of Air Pollutants in Indoor Air*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/4-90-010, May 1990.
7. Nolan, L., et al., "Monitoring Carbonyls in Ambient Air Using the New Supelclean™ LPD (Low Pressure Drop) DNPH Cartridge," in *Proceedings of the 1995 EPA/AWMA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-50, pp. 279, May 1995.
8. *Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume II - Ambient Air Specific Methods*, EPA-600/R-94-038b, U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, May 1994.
9. *Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of O₃ Precursors*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/8-9-215, Research Triangle Park, NC, October 1991.
10. Ahonen, I., Priha, E., and Aijala, M-L, "Specificity of Analytical Methods Used to Determine the Concentration of Formaldehyde in Workroom Air," *Chemosphere*, Vol. 13:521-525, 1984.
11. Levin, J. O., et al., "Determination of Sub-part-per-Million Levels of Formaldehyde in Air Using Active or Passive Sampling on 2,4-Dinitrophenylhydrazine-Coated Glass Fiber Filters and High-Performance Liquid Chromatography," *Anal. Chem.*, Vol. 57:1032-1035, 1985.
12. Perez, J. M., Lipari, F., and Seizinger, D. E., "Cooperative Development of Analytical Methods for Diesel Emissions and Particulates - Solvent Extractions, Aldehydes and Sulfate Methods", presented at the *Society of Automotive Engineers International Congress and Exposition*, Detroit, MI, February-March 1984.
13. Kring, E. V., et al., "Sampling for Formaldehyde in Workplace and Ambient Air Environments-Additional Laboratory Validation and Field Verification of a Passive Air Monitoring Device Compared with Conventional Sampling Methods," *J. Am. Ind. Hyg. Assoc.*, Vol. 45:318-324, 1984.
14. Sirju, A., and Shepson, P. B., "Laboratory and Field Evaluation of the DNPH-Cartridge Technique for the Measurement of Atmospheric Carbonyl Compounds," *Environ. Sci. Technol.* Vol. 29:384-392, 1995.
15. Chasz, E. et al., "Philadelphia Air Management Lab, Summary of Procedures and Analytical Data for Enhanced Ambient Monitoring of PAMS Carbonyls," in *Proceedings of the 1995 EPA/AWMA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-50, pp. 293, May 1995.
16. Grosjean, D., "Ambient Levels of Formaldehyde, Acetaldehyde, and Formic Acid in Southern California: Results of a One-Year Base-Line Study," *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 25, 710-715, 1991.

17. Bufalini, J.J., and Brubaker, K.L., "The Photooxidation of Formaldehyde at Low Pressures." In: *Chemical Reaction in Urban Atmospheres*, (C.S. Tuesday), American Elsevier Publishing Co., New York, pp. 225-240. 1971.
18. Altshuller, A.P., and Cohen, I.R., "Photooxidation of Formaldehyde in the Presence of Aliphatic Aldehydes", *Science*, Vol. 7:1043-1049, 1963.
19. "Formaldehyde and Other Aldehydes," Committee on Aldehydes, Board of Toxicology and Environmental Hazards, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, 1981.
20. Altshuller, A. P., "Production of Aldehydes as Primary Emissions and Secondary Atmospheric Reactions of Alkenes and Alkanes During the Night and Early Morning Hours," *Atmos. Environ.*, Vol. 27A:21-31, 1993.
21. Tanner, R. L., et al., "Atmospheric Chemistry of Aldehydes; Enhanced PAN Formation From Ethanol Fuel Vehicles," *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 22:1026-1034, 1988.
22. Ciccioli, P., and Cecinato, A., "Advanced methods for the Evaluation of Atmospheric Pollutants Relevant to Photochemical Smog and Dry Acid Deposition: Chapter 11" in *Gaseous Pollutants: Characterization and Cycling*, edited by Jerome O. Nriagu, ISBN 0-471-54898-7, John Wiley and Sons, Inc., 1992.
23. Parmar, S. S., et al., "A Study of Ozone Interferences in Carbonyl Monitoring Using DNPH Coated C₁₈ and Silica Cartridges," in *Proceedings of the 1995 EPA/AWMA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-50, pp. 306, May 1995.
24. Parmar, S. S., et al., "Effect of Acidity on the Sampling and analysis of Carbonyls Using DNPH Derivatization Method," in *Proceedings of the 1996 EPA/AWMA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-64, pp. 311, May 1996.
25. Arnts, R. R., and Tejada, S. B., "2,4-Dinitrophenylhydrazine-Coated Silica Gel Cartridge Method for Determination of Formaldehyde in Air: Identification of an Ozone Interference," *Environ. Sci. Technol.* Vol. 23:1428-1430, 1989.
26. Kleindienst, T. E., et al., "Measurement of C₁-C₄ Carbonyls on DNPH-Coated Silica Gel and C₁₈ Cartridges in the Presence of Ozone," in *Proceedings of the 1995 EPA/AWMA International Symposium on Measurement of Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-50, pp 29T, May 1995.

TABLE 1. COMPARISON OF DNPH COATED CARTRIDGES: SILICA GEL VS. C18

Topic	Comparison	Discussion
Background	Silica gel < C18	Silica gel is purer, therefore less background contamination from acetone and formaldehyde as compared to C18.
Breakthrough	Silica gel < C18	C18 allows carbonyl compounds to breakthrough easier with longer sampling periods, thus causing bias results. C18 has a lower capacity for carbonyls in general. Loading of DNPH on C18 plays an important role in breakthrough for carbonyls.
Ozone interference	Silica gel C18	Ozone interference with silica gel is documented. Ozone interference with C18 is not clear at this time. Therefore, must use denuder with both systems.
Extraneous chromatographic peaks	Silica gel C18	Researchers have detected extraneous peaks in the chromatography of both C18 and silica gel when ozone is present.

TABLE 2. TYPICAL DNPH-CARTRIDGE SPECIFICATIONS

Category	Typical Specifications
Adsorbent	chromatographic grade silica or C18 coated with 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH)
Particle size	150-1000 µm (60/100 mesh to 18/35 mesh)
DNPH loading ¹	0.3-0.9% (~1-3 mg/cartridge)
Bed weight ²	approx. 350 mg
Capacity	approx. 75 µg formaldehyde, assuming a 50% consumption of DNPH
Background (per cartridge)	<0.15 µg formaldehyde <0.10 µg acetaldehyde <0.10 µg other carbonyls <0.30 µg acetone
Pressure drop	7 inches of water @ 0.5 L/min 15 inches of water @ 1.0 L/min 37 inches of water @ 2.0 L/min
Sampling temperature	10°C to 100°C
Collection efficiency	>95% for formaldehyde for sampling rates up to 2.0 L/min
Solvent hold-up volume	~1.0 mL
Tube dimensions	From ~2 inches to ~5 inches in length ~1 inch O.D. at widest point

¹Loading is variable among commercial suppliers.

²The SKC tube is a dual bed cartridge with 300 mg of DNPH-coated silica gel in the front bed and 150 mg of DNPH-coated silica gel in the back bed.

TABLE 3. EQUIVALENT FORMALDEHYDE CONCENTRATION (ppbv) RELATED TO BACKGROUND FORMALDEHYDE CONCENTRATION (ng/cartridge)

Equivalent formaldehyde concentration (ppbv)	Sample volume, L			
	60	120	180	1440
formaldehyde cartridge concentration ng/cartridge				
70	0.950	0.475	0.317	0.040
100	1.358	0.679	0.453	0.057
150	2.037	1.018	0.679	0.085

TABLE 4. ROUND ROBIN TEST RESULTS^a

Sample Type	Formaldehyde	Acetaldehyde	Propionaldehyde	Benzaldehyde
Blank cartridges:				
µg aldehyde	0.13	0.18	0.12	0.06
(% RSD)	46	70	47	44
n	33	33	23	8
Spiked ^b cartridges:				
% recovery (% RSD)				
low				
medium	89.0 (6.02)	92.6 (13.8)	108.7 (32.6)	114.7 (36.1)
high	97.2 (3.56)	97.8 (7.98)	100.9 (13.2)	123.5 (10.4)
n	97.5 (2.15)	102.2 (6.93)	100.1 (6.77)	120.0 (8.21)
	12	13	12	14
Exhaust samples:				
µg aldehyde	5.926	7.990	0.522	0.288
% RSD	12.6	16.54	26.4	19.4
n	31	32	32	17

^aSixteen participating laboratories. Statistics shown after removal of outliers.

^bNormal spiking levels were approximately 0.5, 5 and 10 µg of aldehyde, designated as low, medium, and high in this table.

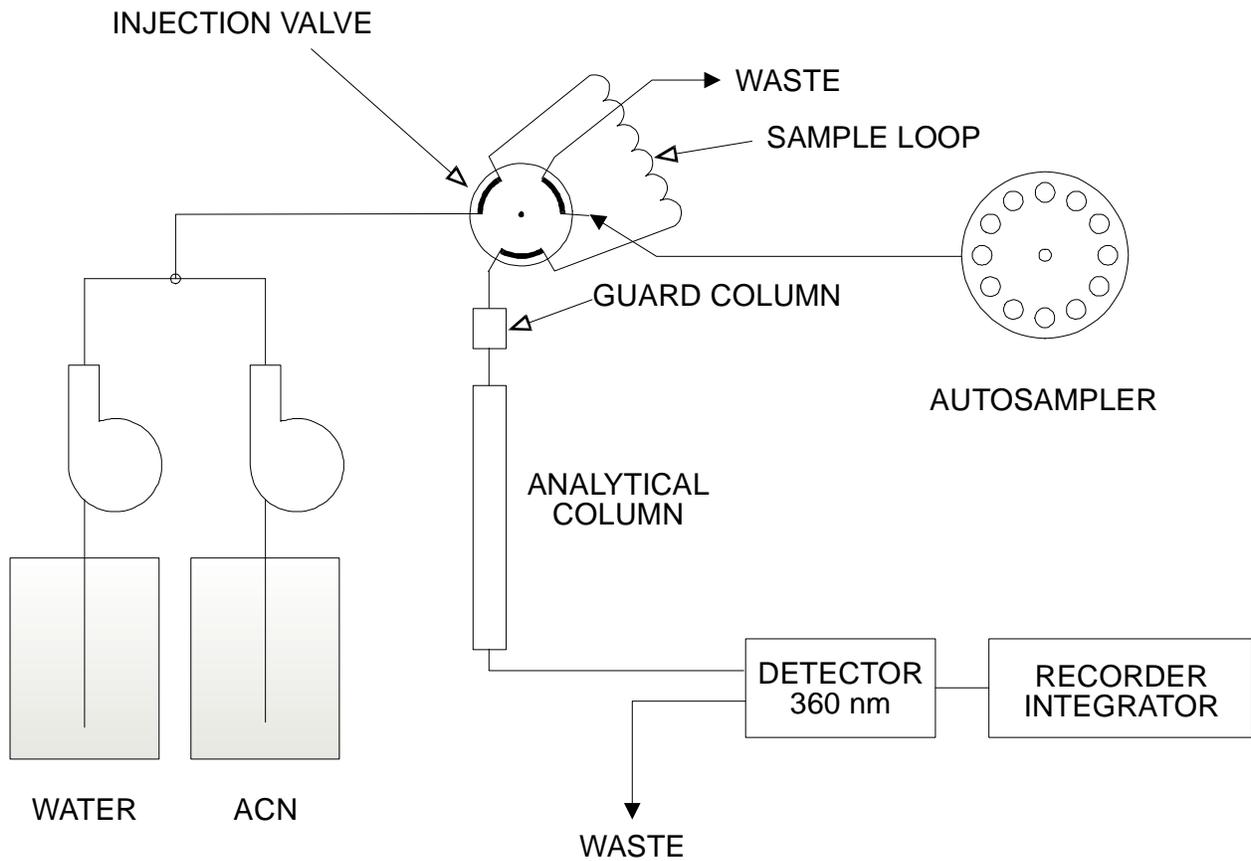


Figure 1. Basic high-performance liquid chromatographic (HPLC) system used for carbonyl analysis.

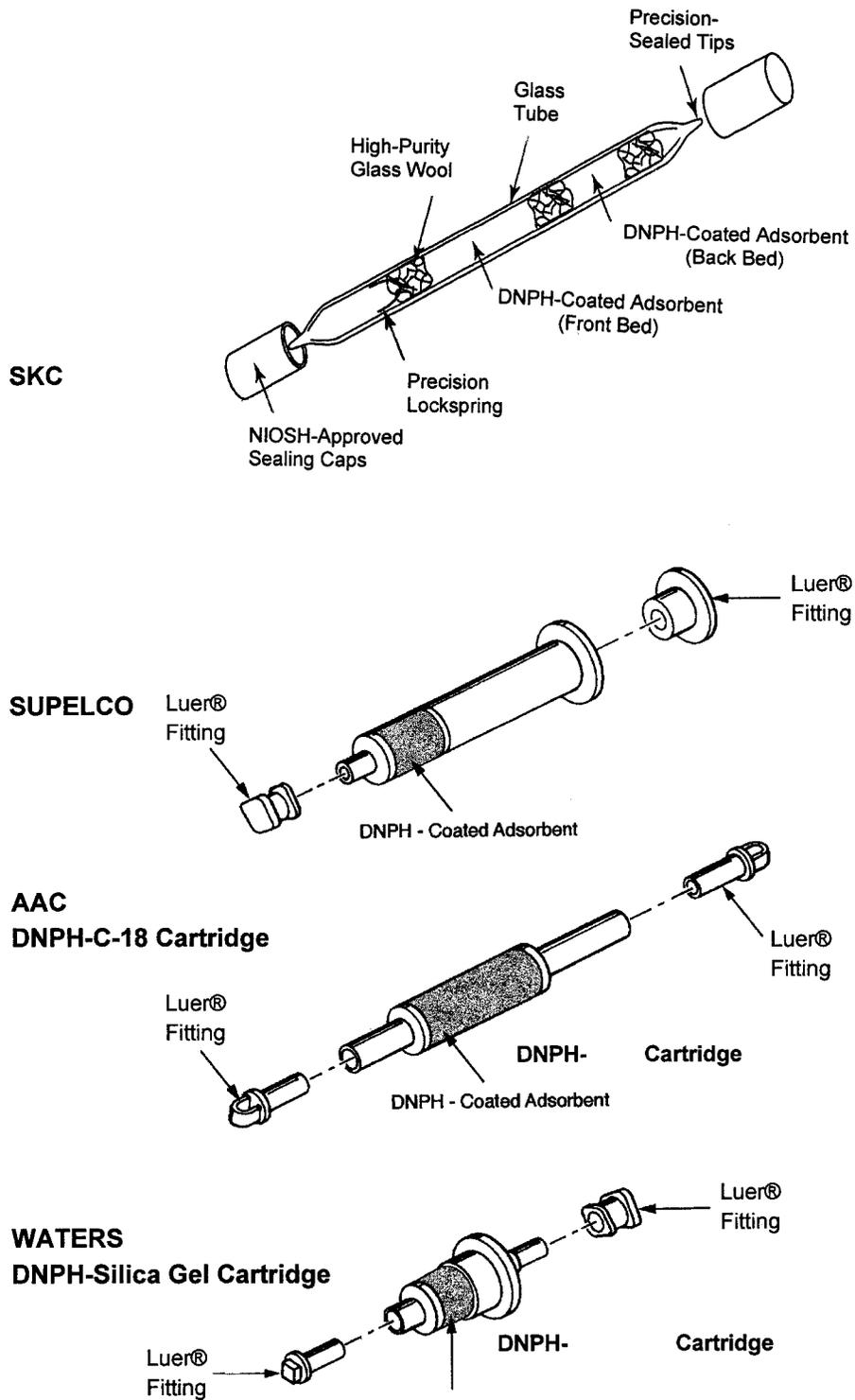


Figure 2. Example of commercially available DNPH-cartridges.

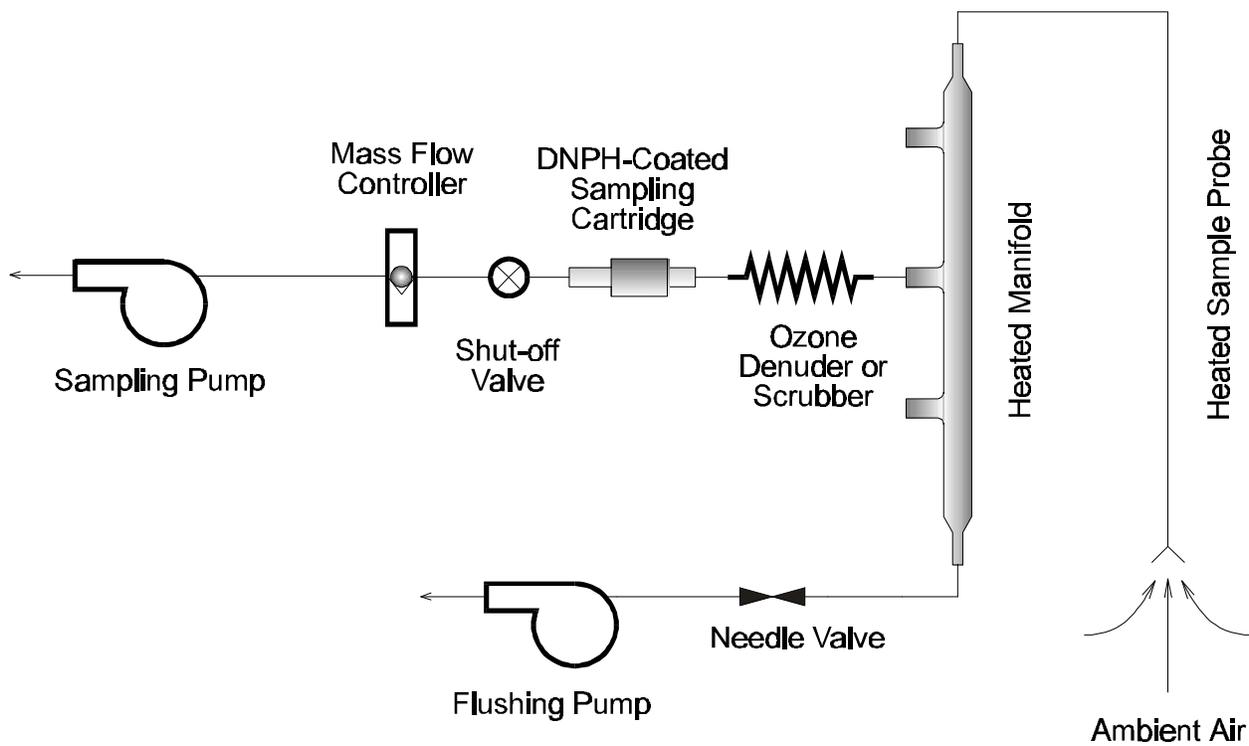


Figure 3. Example of configuration of a single-port carbonyl sampler using DNPH-coated cartridges.

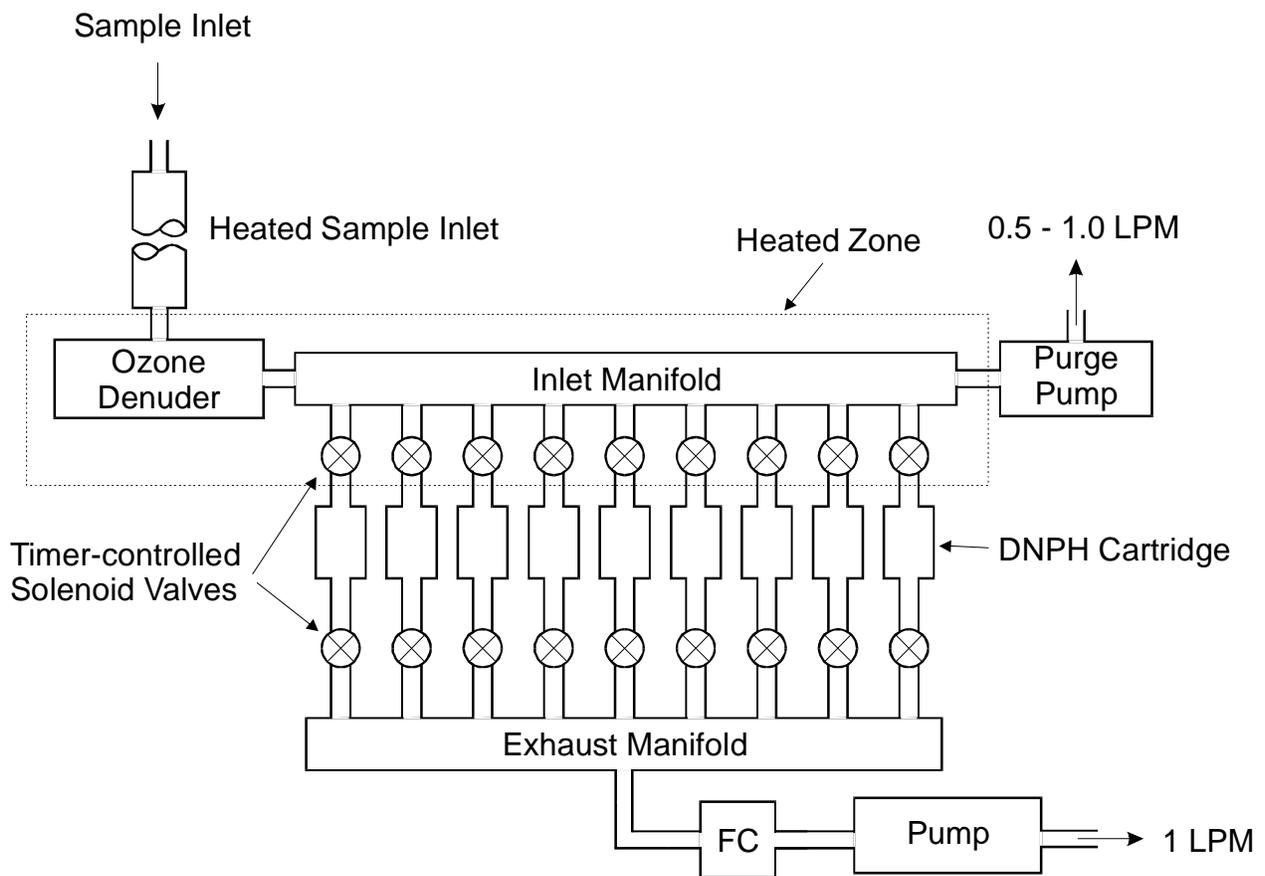


Figure 4. Example of components of an automated multi-port sampler for carbonyls monitoring using DNPH-coated cartridges.

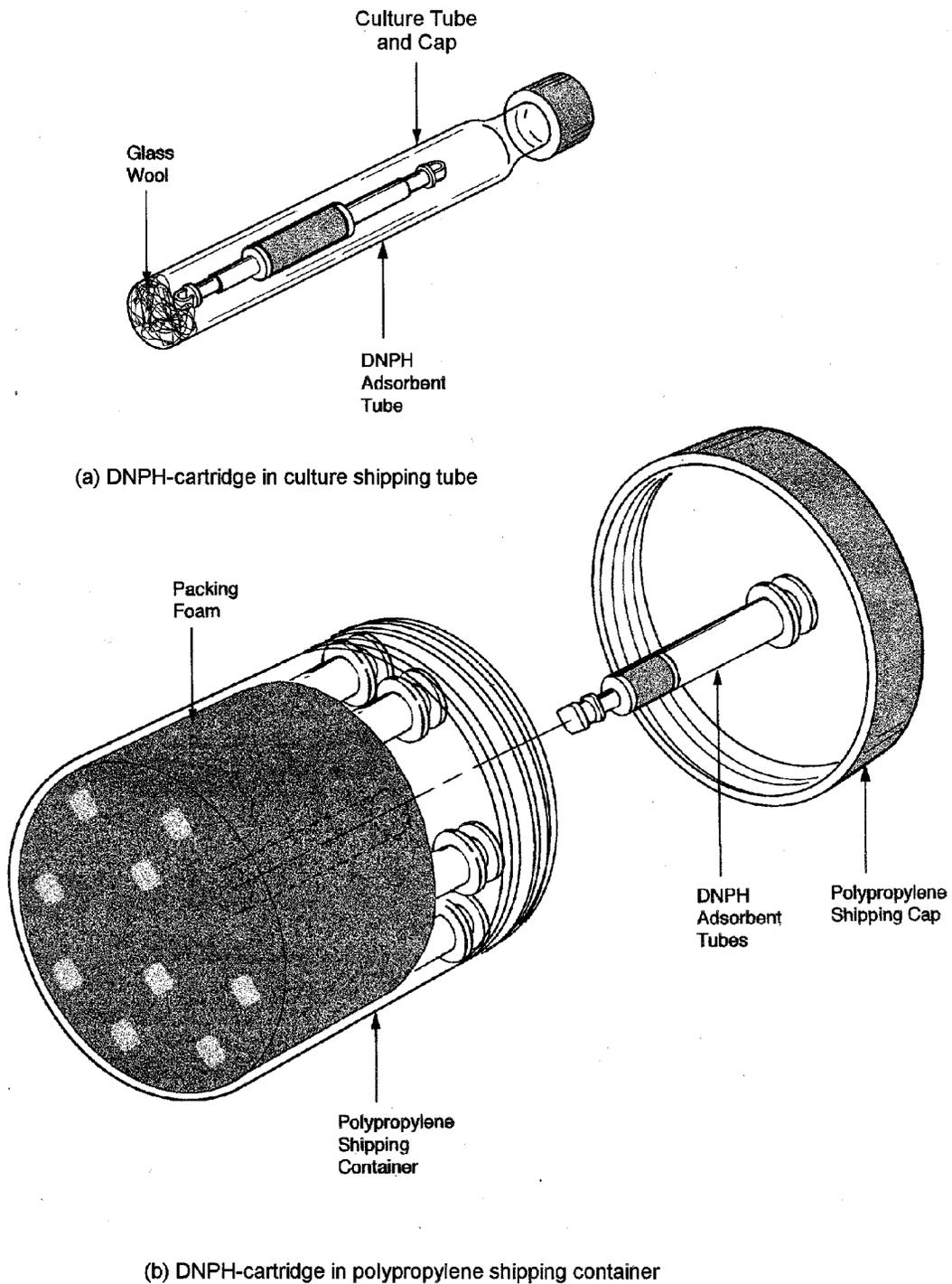
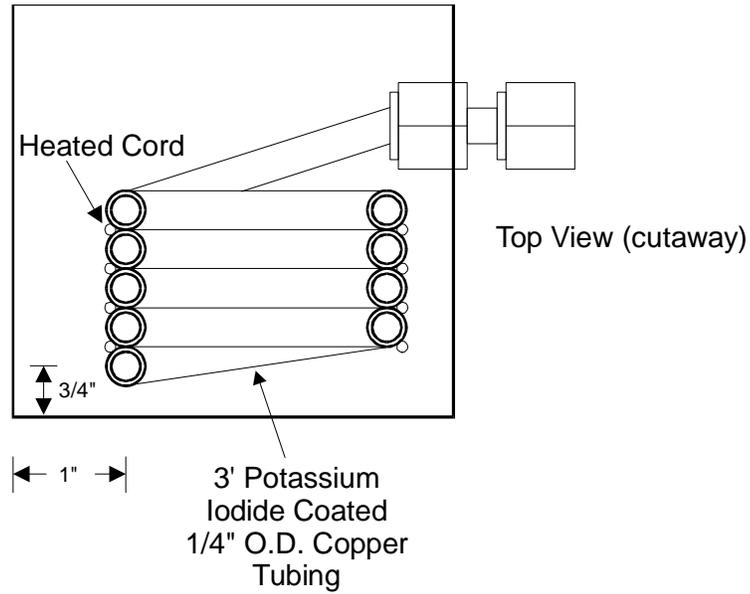
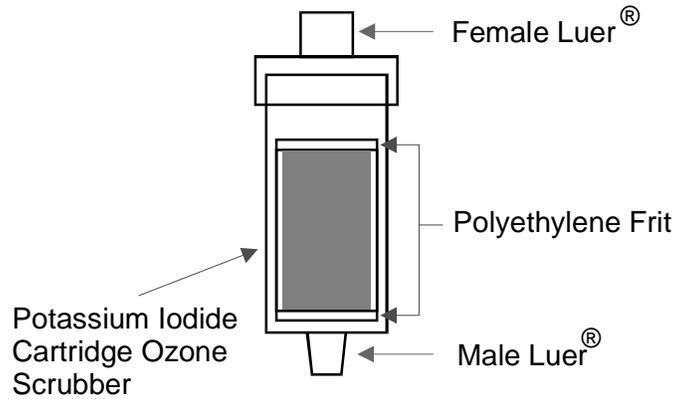


Figure 5. Example of commercially available shipping containers for DNPH cartridges.



(a) Cross-sectional view of EPA's ozone denuder assembly



(b) Commercially available packed granular potassium iodide (KI) ozone scrubber

Figure 6. Example of (a) cross-sectional view of EPA's ozone denuder assembly, and (b) commercially available packed granular potassium iodide (KI) ozone scrubber.

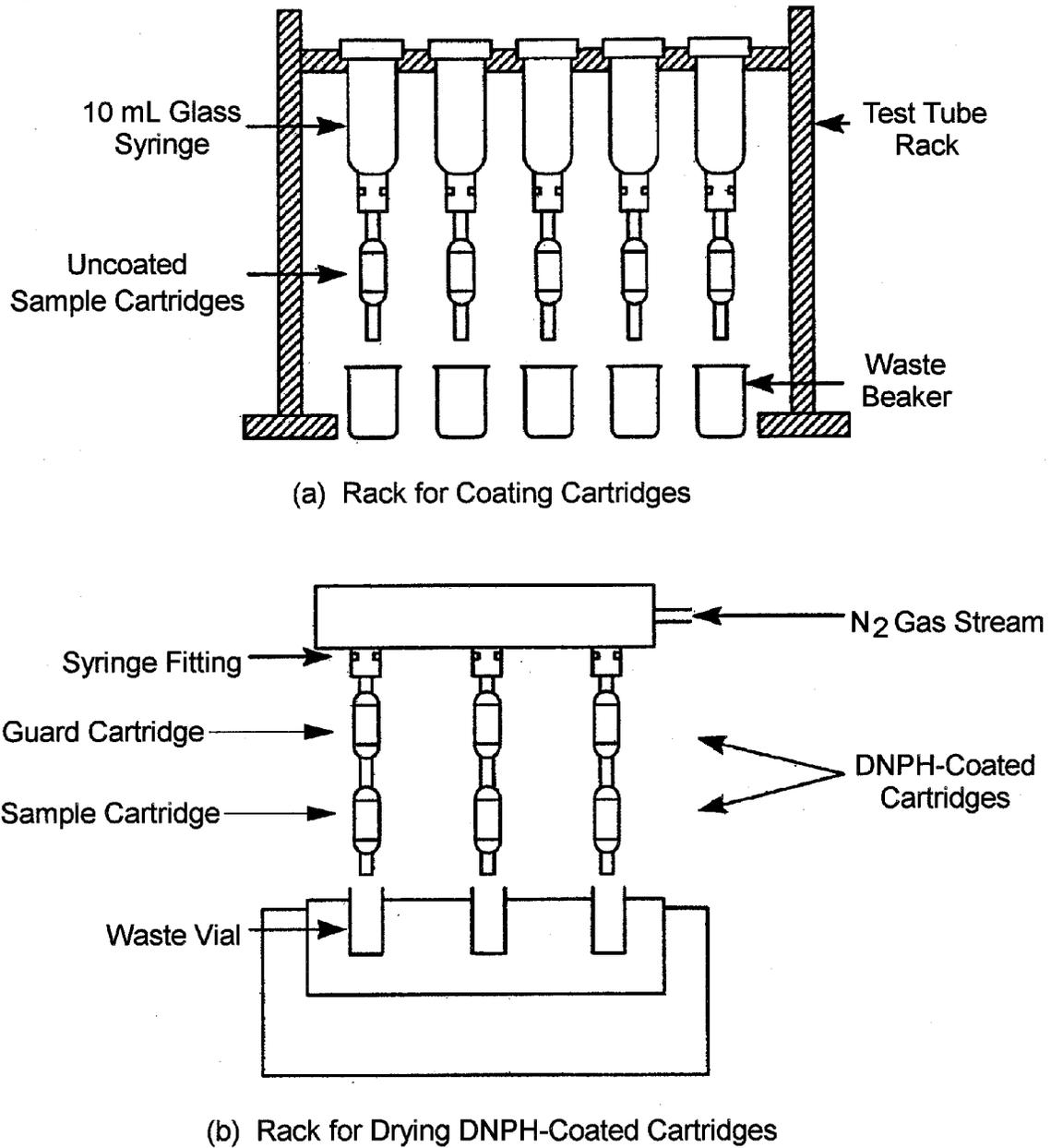


Figure 7. Example of a typical syringe rack for coating (a) and drying (b) sample cartridges.

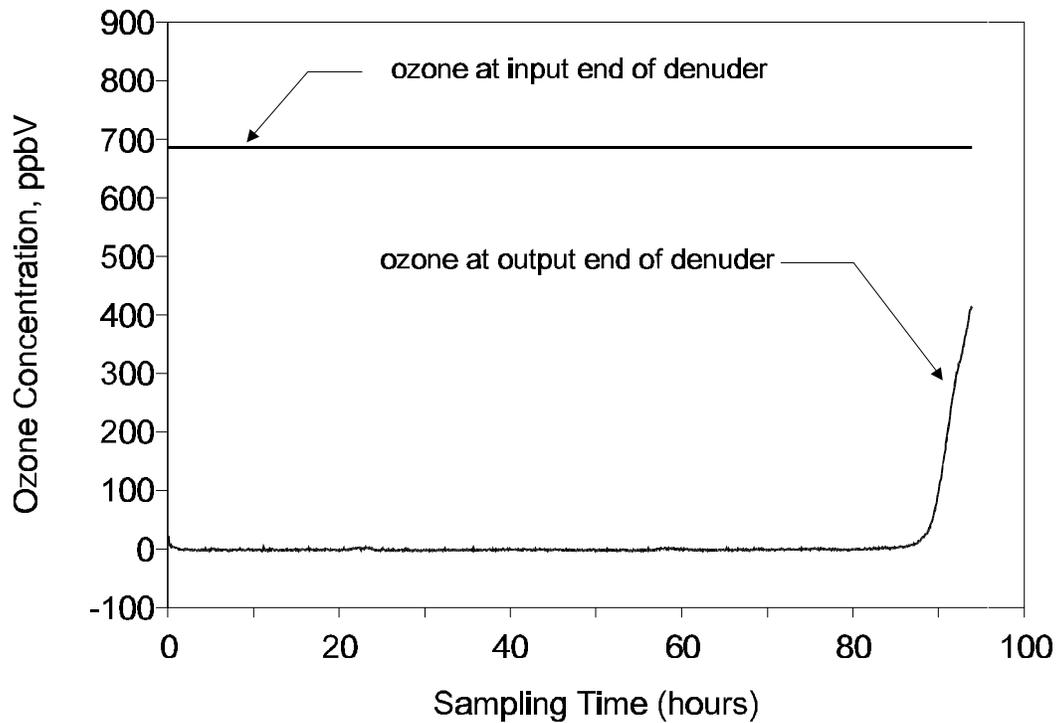


Figure 8. Example of capacity of 3' x 0.25" O.D. x 4.6-mm I.D. copper KI ozone denuder at 2 L/min flow.

COMPENDIUM METHOD TO-11A
 CARBONYL SAMPLING FIELD TEST DATA SHEET
 (One Sample per Data Sheet)

I. GENERAL INFORMATION

PROJECT: _____
 SITE: _____
 LOCATION: _____
 INSTRUMENT MODEL NO.: _____
 PUMP SERIAL NO.: _____
 ADSORBENT CARTRIDGE INFORMATION:
 Type: _____
 Adsorbent: _____
 Serial Number: _____
 Sample Number: _____

DATES(S) SAMPLED: _____
 TIME PERIOD SAMPLED: _____
 OPERATOR: _____
 CALIBRATED BY: _____
 OZONE DENUDER USE TIME (Hr): _____
 HEATED INLET: ____ YES ____ NO

II. SAMPLING DATA INFORMATION

Start Time: _____

Stop Time: _____

Time	Dry Gas Meter Reading	Rotameter Reading	Flow Rate, *Q mL/min	Ambient Temperature, °C	Barometric Pressure, mm Hg	Relative Humidity, %	Comments
Avg.							

* Flow rate from rotameter or soap bubble calibrator (specify which).
 Total Volume Data (V_m) (use data from dry gas meter, if available)

$$V_m = (\text{Final} - \text{Initial}) \text{ Dry Gas Meter Reading, or} = \text{_____ L}$$

or

$$V_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots Q_N}{N} \times \frac{1}{1000 \times (\text{Sampling Time in Minutes})} = \text{___ L}$$

III. COMMENTS

Figure 9. Example of Compendium Method TO-11A field test data sheet (FTDS).

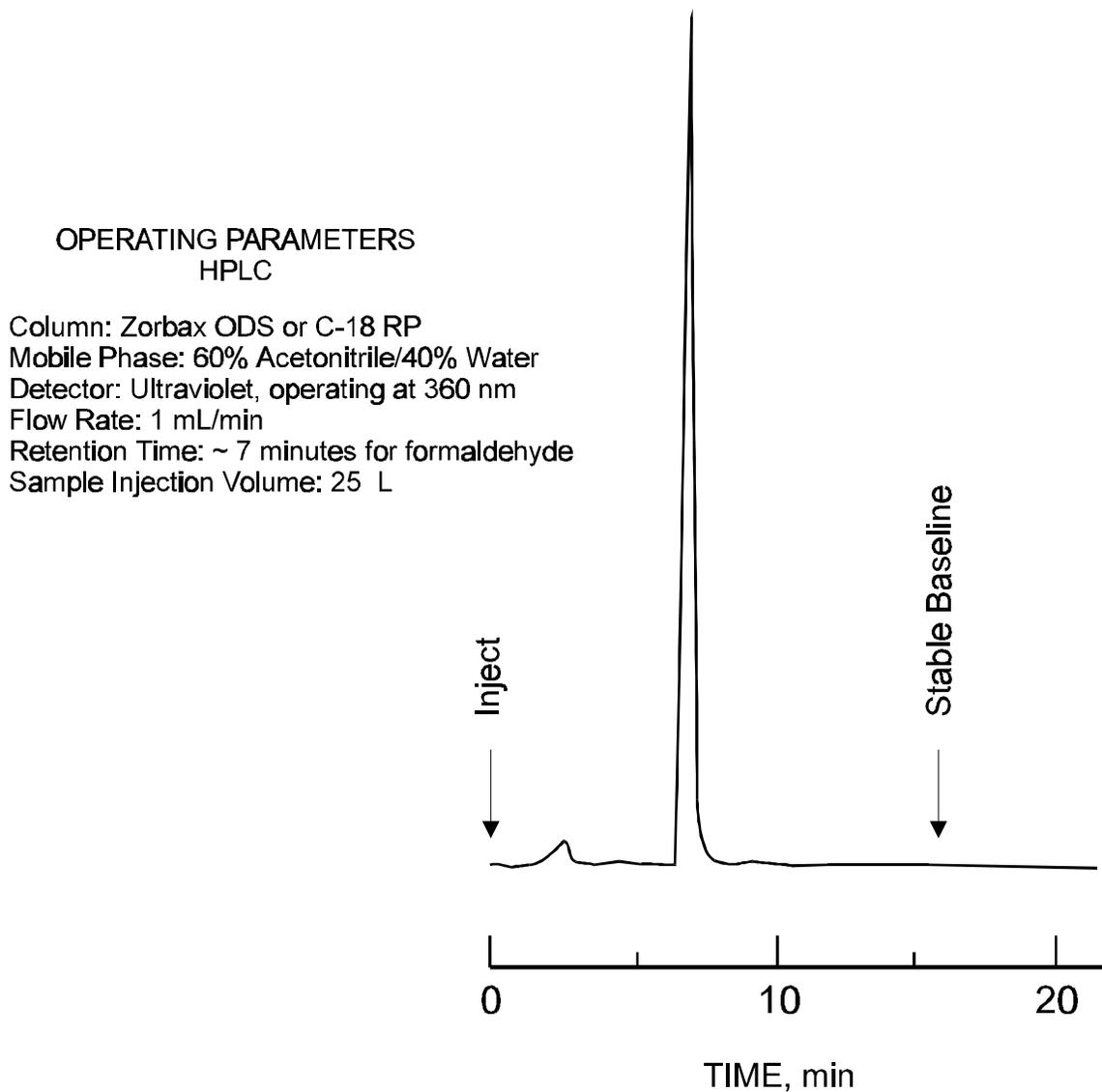


Figure 10. Example of chromatogram of DNPH-formaldehyde derivative.

OPERATING PARAMETERS HPLC

Column: Zorbax ODS or C-18 RP
 Mobile Phase: 60% Acetonitrile/40% Water
 Detector: Ultraviolet, operating at 360 nm
 Flow Rate: 1 mL/min
 Retention Time: ~ 7 minutes for formaldehyde
 Sample Injection Volume: 25 μ L

Peak	Conc., μ g/mL	Area Counts
a	0.61	226541
b	1.23	452186
c	6.16	2257271
d	12.32	4711408
e	18.48	6053812

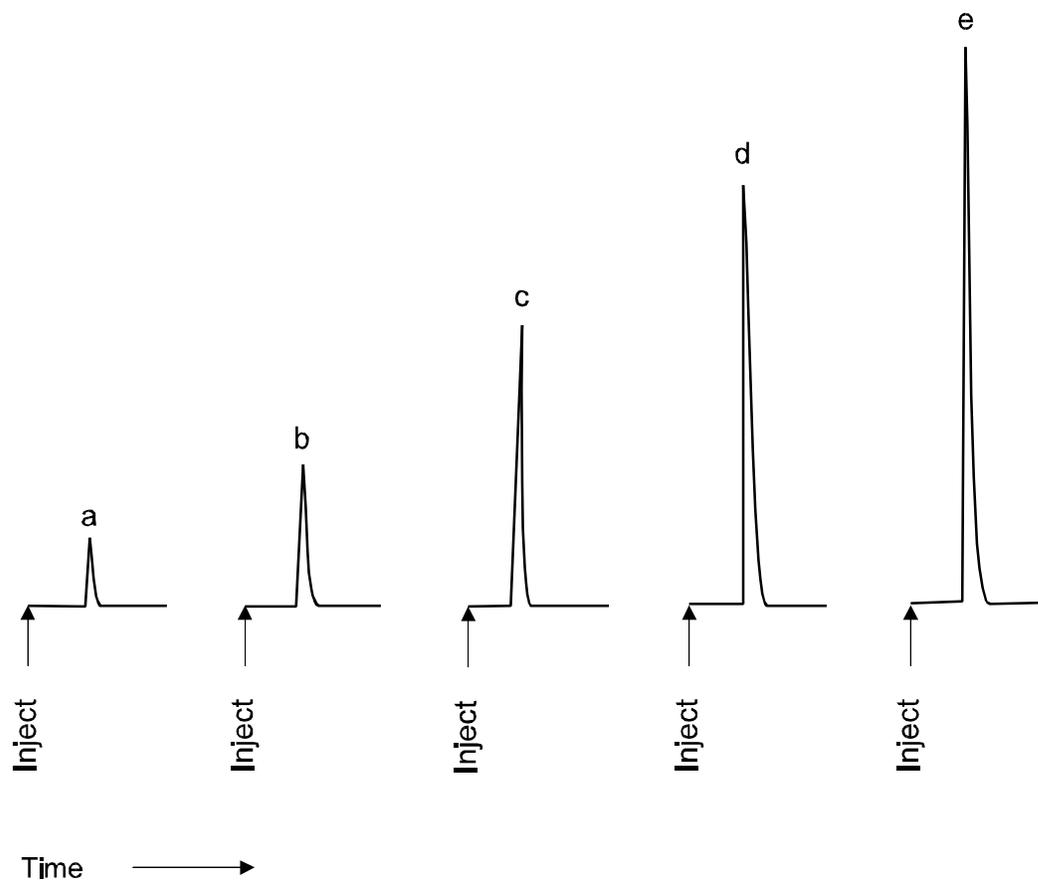


Figure 11. Example of HPLC chromatogram of varying concentration of DNP-H formaldehyde derivative.

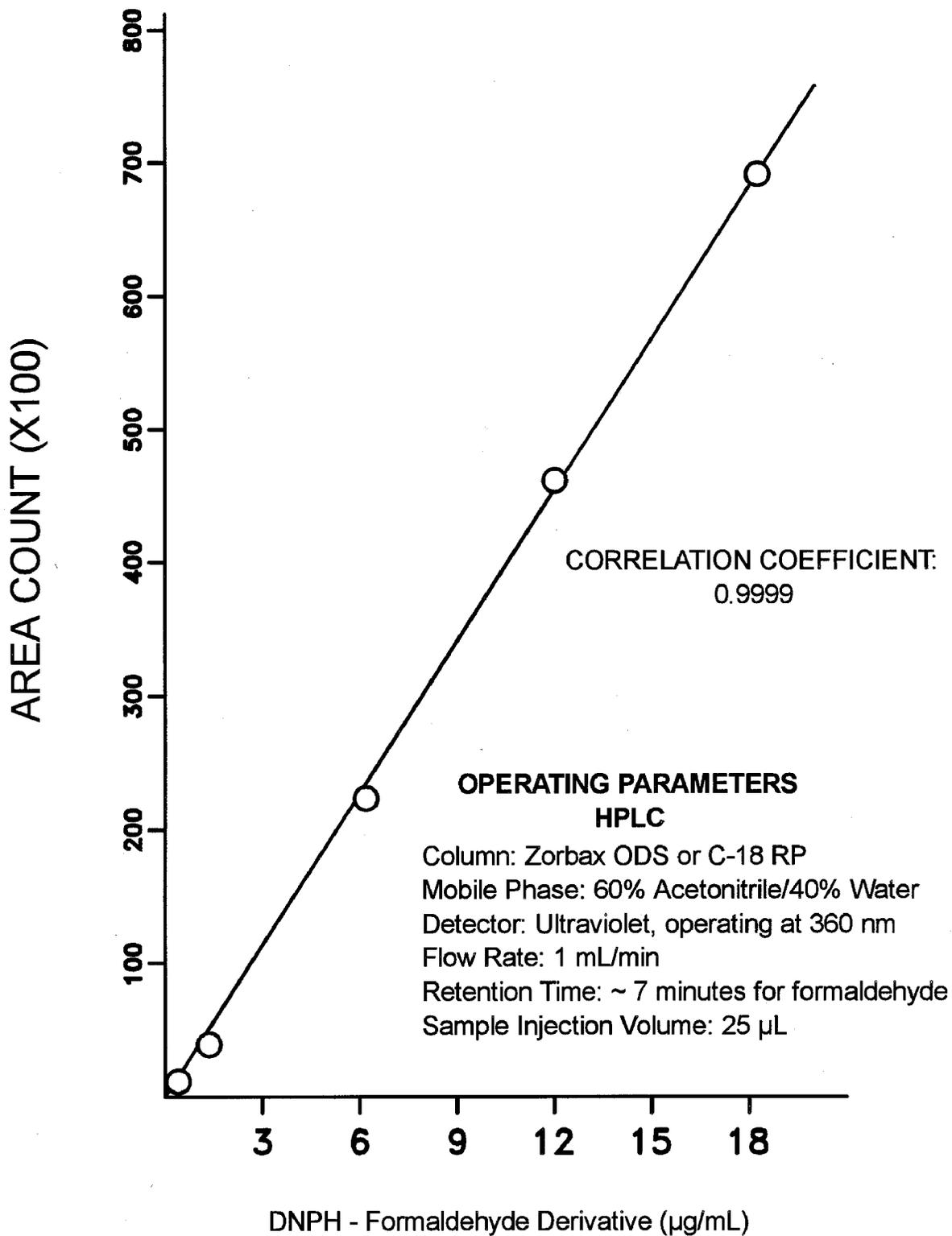


Figure 12. Example of calibration curve for formaldehyde.

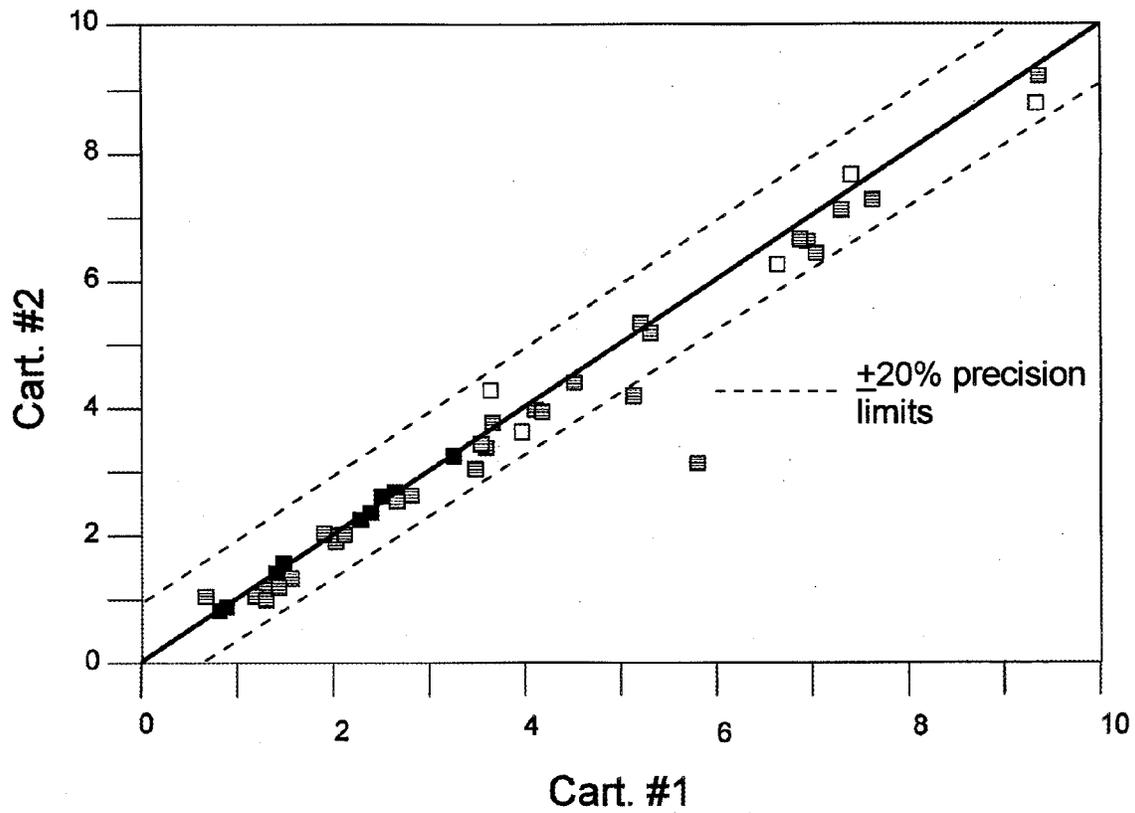


Figure 13. Historical data associated with collocated samples for formaldehyde (ppbv) in establishing 20% precision.

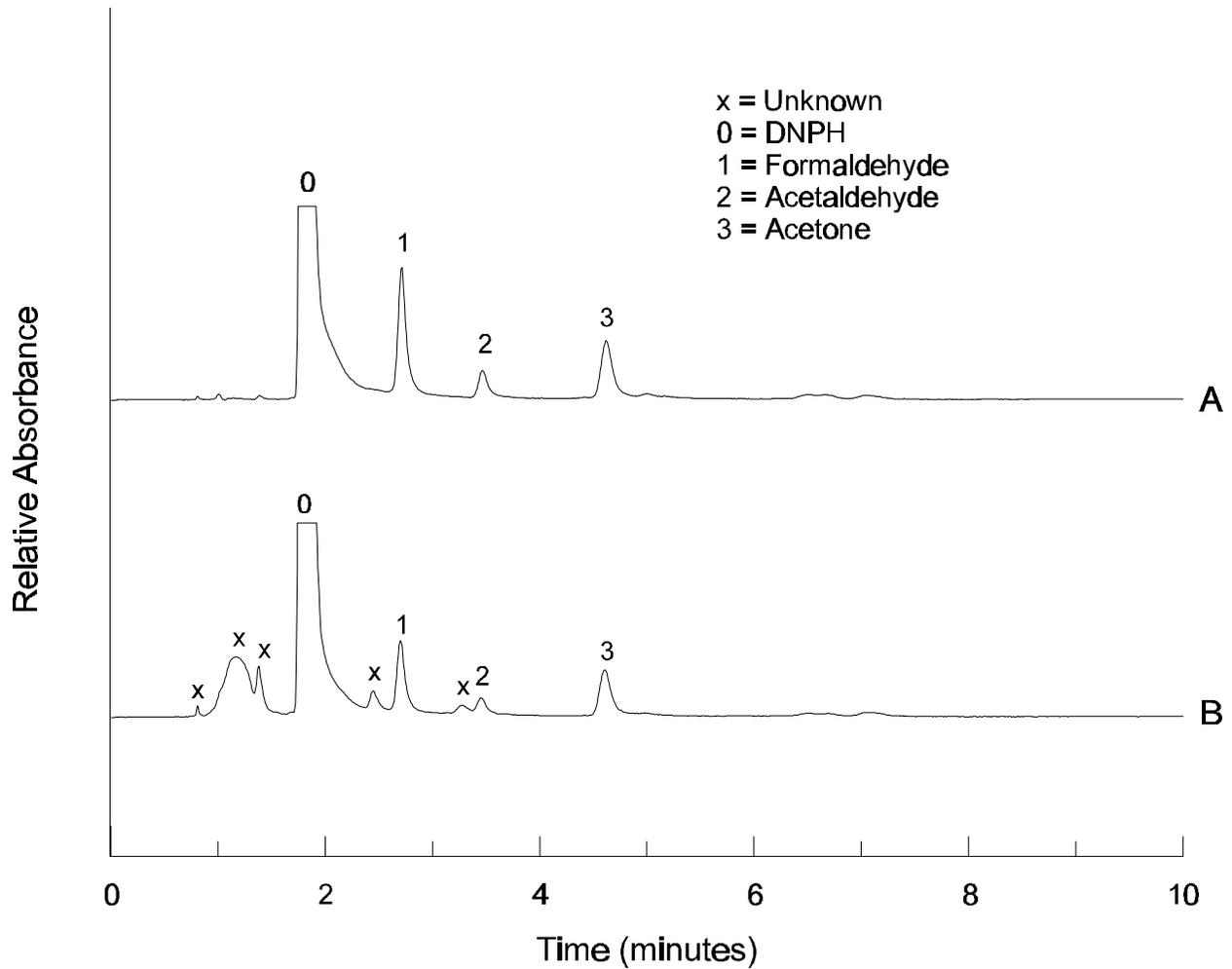


Figure 14. Example of analysis demonstrating DNPH-coated cartridges sampling air with (A) and without (B) ozone denuders, in the determination of formaldehyde.

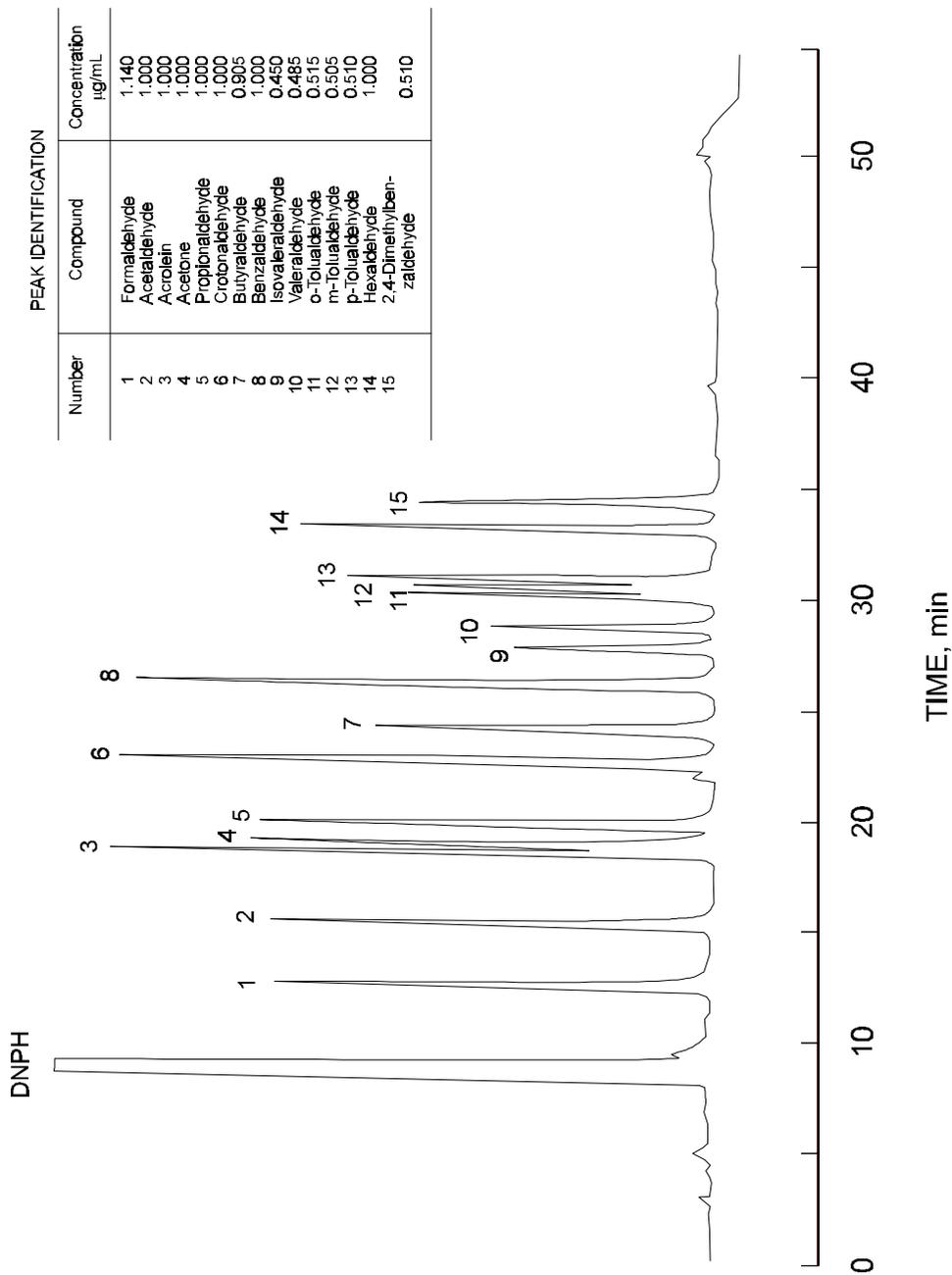


Figure 15. Typical chromatogram of a linear gradient program for analyzing other aldehydes/ketones from a DNPH-coated cartridge.

FORMULA: Table 1

MW: Table 1

CAS: Table 1

RTECS: Table 1

METHOD: 5523, Issue 1

EVALUATION: PARTIAL

Issue 1: 15 May 1996

OSHA : No PEL
 NIOSH: No REL
 ACGIH: C 50 ppm (ethylene glycol)
 (1 ppm = 2.54 mg/m³ @ NTP)

PROPERTIES: See Table 1

NAMES & SYNONYMS: (1) ethylene glycol: 1,2-ethanediol; (2) propylene glycol: 1,2-propanediol
 (3) 1,3-butylene glycol: 1,3-butanediol (4) diethylene glycol: 2-hydroxyethyl ether, 2,2'-oxydiethanol

SAMPLING	MEASUREMENT
<p>SAMPLER: XAD-7 OVS tube (glass fiber filter, 13-mm; XAD-7, 200mg/100mg)</p> <p>FLOW RATE: 0.5 to 2 L/min</p> <p>VOL-MIN: 5 L -MAX: 60 L</p> <p>SHIPMENT: pack cold for shipment</p> <p>SAMPLE STABILITY: 28 days @ 5 °C [1] ethylene glycol 14 days @ 5 °C [1]</p> <p>BLANKS: 2 to 10 field blanks per set</p>	<p>TECHNIQUE: GAS CHROMATOGRAPHY, FID</p> <p>ANALYTES: compounds above</p> <p>DESORPTION: 2 mL methanol; ultrasonicate 30 min</p> <p>INJECTION VOLUME: 1 µL</p> <p>TEMPERATURE-INJECTION: 250 °C -DETECTOR: 300 °C -COLUMN: 40 °C, 8 °C/min to 230 °C</p> <p>CARRIER GAS: He₂ @ 2.4 to 2.6 mL/min</p> <p>COLUMN: Rtx-35 fused silica capillary, 30 m, 0.53-mm ID, 3-µm film</p>
ACCURACY	
<p>RANGE STUDIED: see EVALUATION OF METHOD</p> <p>BIAS: see EVALUATION OF METHOD</p> <p>OVERALL PRECISION (\hat{S}_{rr}): not determined</p> <p>ACCURACY: not determined</p>	<p>CALIBRATION: solutions of glycols in methanol</p> <p>RANGE: 15 to 800 µg/sample</p> <p>ESTIMATED LOD: see Table 2</p> <p>PRECISION (\hat{S}_{r}): 0.04 to 0.09 [1]</p>

APPLICABILITY: Under the GC parameters given in the method, the glycols listed above are baseline separated and can be identified based on retention time and quantified. Hexylene glycol can be determined by this method; however, no sampling or analytical evaluation has been conducted.

INTERFERENCES: No specific interferences were identified. The method yields baseline separation for all analytes.

OTHER METHODS: This method replaces NMAM 5500 [2], which was found deficient in the collection of ethylene glycol in aerosol form. Also ethylene glycol was not separated from propylene glycol by the chromatography.

REAGENTS:

1. Ethylene glycol, reagent grade.*
2. Propylene glycol, reagent grade.*
3. 1,3-Butylene glycol, reagent grade.*
4. Diethylene glycol, reagent grade.*
5. Triethylene glycol, reagent grade.*
6. Tetraethylene glycol, reagent grade.*
7. Methanol, chromatographic grade.*
8. Calibration stock solution, 10 mg/mL: Weigh aliquots of each glycol and dissolve in methanol.
9. Helium, purified.
10. Hydrogen, prepurified.
11. Air, filtered.

* See SPECIAL PRECAUTIONS

EQUIPMENT:

1. Sampler: XAD-7 OVS tube, 13-mm OD, containing two sections of XAD-7 (200 mg front/100 mg back section) separated by polyurethane foam plug. A glass fiber filter plug precedes the front section and a polyurethane foam plug follows the back section. Tubes are commercially available (SKC, Inc., #226-57).
2. Personal sampling pump, 0.5 to 2 mL/min, with flexible connecting tubing.
3. Gas chromatograph, flame ionization detector, integrator, and column (page 5523-1).
4. Ultrasonic bath.
5. Vials, autosampler, with PTFE-lined caps.
6. Vials, 4 mL, with screw caps.
7. Syringes, 10- μ L and other sizes as needed, readable to 0.1 μ L.
8. Flasks, volumetric, various sizes.
9. Pipets, various sizes.

SPECIAL PRECAUTIONS: Inhalation of glycol mists causes respiratory irritation, shortness of breath, and coughing. Methanol is flammable and a dangerous fire risk. Work with these compounds in a well-ventilated hood.

SAMPLING:

1. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
2. Remove front and rear caps from the tube immediately before sampling. Attach sampler to personal sampling pump with flexible tubing.
3. Sample at an accurately known flow rate between 0.5 and 2 L/min for a total sample size of 5 to 60 L.
4. Cap the samplers and pack securely in dry ice for shipment.

SAMPLE PREPARATION:

5. Place front sorbent section and glass fiber filter in a 4-mL screw cap vial. Place backup sorbent section in a separate vial. Discard foam plugs.
6. Add 2 mL of methanol to each vial and cap.
7. Place vials in an ultrasonic bath for 30 min to aid desorption.

CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:

8. Calibrate daily with at least six working standards over the range of interest. Three standards (in duplicate) should cover the range from LOD to LOQ.
 - a. Add known amounts of calibration stock solution to methanol in 10-mL volumetric flasks and dilute to the mark.
 - b. Analyze together with samples and blanks (steps 11 and 12).
 - c. Prepare calibration graph (peak area or height vs. μ g glycol).
9. Determine desorption efficiency(DE) at least once for each lot of OVS tubes used for sampling in the calibration range (step 8).
 - a. Prepare three samplers at each of six levels plus three media blanks.
 - b. Inject a known amount of calibration stock solution directly onto the filter of OVS tubes. Draw air

- through the sampler at 1 L/min for 60 min.
- Cap the ends of the tubes and allow to stand overnight.
 - Desorb (steps 5 through 7) and analyze together with standards and blanks (steps 11 and 12).
 - Prepare a graph of DE vs. μg analyte recovered.
10. Analyze three quality control blind spikes and three analyst spikes to ensure that the calibration graph and DE graphs are in control.

MEASUREMENT:

11. Set gas chromatograph according to manufacturer's recommendations and to conditions given on page 5523-1. Inject 1- μL sample aliquot manually using solvent flush technique or with autosampler.
NOTE: If peak area is above the linear range of the working standards, dilute with methanol, reanalyze and apply the appropriate dilution factor in the calculations.
12. Measure peak areas.

CALCULATIONS:

13. Determine the mass, μg (corrected for DE), of each glycol found in the sample front (W_f) and back (W_b) sorbent sections, and in the average media blank front (B_f) and back (B_b) sorbent sections.
NOTE: If W_b > W_f/10, report breakthrough and possible sample loss.
14. Calculate concentration, C, of each analyte in the air volume sampled, V (L):

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}, \text{mg/m}^3$$

EVALUATION OF METHOD:

The method was evaluated for six glycols (ethylene, propylene, 1,3-butylene, diethylene, triethylene, and tetraethylene). Desorption efficiency (DE) was determined by spiking known amounts of each glycol in methanol solution onto the glass fiber filter plug of the XAD-7 OVS tubes, drawing air through the spiked tubes at 1 L/min for 60 min, and analyzing. Recovery data along with LODs and LOQs for each analyte are listed in Table 2. When stored at 5°C, ethylene glycol samples on XAD-7 OVS tubes were stable for 14 days, and the other glycols were stable up to 28 days. Glycol aerosols were generated at three concentration levels (6 samples per concentration) from a ROSCO™ Model 1500 Fog Machine. Precision [as calculated from the pooled relative standard deviation (\bar{S}_r)] and mean bias for the glycols are as follows:

Analyte	Range Studied ($\mu\text{g}/\text{sample}$)	Precision (\bar{S}_r)	Bias
Ethylene glycol	33 to 218	0.043	-15%
Propylene glycol	26 to 187	0.062	-3.2%
1,3-butylene glycol	34 to 178	0.054	-0.5%
Diethylene glycol	68 to 219	0.047	-0.2%
Triethylene glycol	33 to 201	0.075	-4.0%
Tetraethylene glycol (2 levels)	32 to 197	0.035	+20%

The low recovery for ethylene glycol possibly may be attributed to increased volatility when sampled at 1 L/min [1]. Although hexylene glycol is separated by the chromatographic conditions given in the method, no evaluation of sampling or analytical parameters was done for this compound.

REFERENCES:

- [1] Pendergrass, S.M. [1994]. Development of a sampling and analytical methodology for the

determination of glycols in air: Application to theatrical smokes. Unpublished paper presented at Pittsburgh Conference, Chicago, IL, March 1994.

- [2] NIOSH [1984]. Ethylene glycol: Method 5500. In: Eller PM, Ed. NIOSH manual of analytical methods, 3rd ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, HHS (NIOSH) Publication No. 84-100.

METHOD WRITTEN BY:

Stephanie M. Pendergrass, MRSB, DPSE

TABLE 1. GLYCOLS GENERAL INFORMATION

Analyte	Formula	MW	CAS #	RTECS #	Properties
Ethylene glycol	C ₂ H ₆ O ₂	62.07	107-21-1	KW2975000	liquid; BP 197.2 °C; FP -13 °C; d 1.113 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4310; vp 0.007 kPa (0.05 mm Hg) @ 20 °C; explosive limits 3.2 to 15.3% v/v in air
Propylene glycol	C ₃ H ₈ O ₂	76.10	57-55-6	TY2000000	liquid; BP 188 °C; FP -60 °C; d 1.038 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4320; vp 0.009 kPa (0.07 mm Hg) @ 20 °C; explosive limits 2.6 to 12.5% v/v in air
1,3-Butylene glycol	C ₄ H ₁₀ O ₂	90.12	107-88-0	EK0440000	liquid; BP 207.5 °C; d 1.0059 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4400; vp 0.06 mm Hg @ 20 °C
Diethylene glycol	C ₄ H ₁₀ O ₃	106.12	111-46-6	ID5950000	liquid; BP 245 °C; FP -6.5 °C; d 1.118 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4460 @ 25 °C; vp <0.01 mm Hg @ 20 °C; explosive limits 3 to 7% v/v in air
Triethylene glycol	C ₆ H ₁₄ O ₄	150.17	112-27-6	YE4550000	liquid; BP 285 °C; FP -5 °C; d 1.125 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4550; vp <0.001 mm Hg @ 20 °C; explosive limits 0.9 to 9.2% v/v in air
Tetraethylene glycol	C ₈ H ₁₈ O ₅	194.23	112-60-7	XC2100000	liquid; BP 327.3 °C; FP -4 °C; d 1.125 g/mL @ 20 °C; n _D 1.4577; vp >0.001 mm Hg @ 20 °C

TABLE 2. GLYCOL RECOVERY DATA

Analyte	LOD ($\mu\text{g}/\text{sample}$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{sample}$)	Desorption Efficiency Spikes ^a		\bar{S}_r ^b
			100 μg (% Recovery)	200 μg (% Recovery)	
Ethylene glycol	7	22	93.4	101	0.059
Propylene glycol	6	13	83.4	92.5	0.064
1,3-Butylene glycol	6	12	98.8	102	0.072
Diethylene glycol	16	48	94.6	114	0.041
Triethylene glycol	14	42	85.3	98.7	0.043
Tetraethylene glycol	14	42	111	141	0.092

^a n = 6 for each spiking level

^b Pooled Relative Standard Deviation

ICS 13.040.40

English version

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method

Emissions de sources fixes - Détermination de la concentration massique en composés organiques gazeux individuels - Méthode par charbon actif et désorption des solvants

Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von einzelnen gasförmigen organischen Verbindungen - Aktivkohleadsorptions- und Lösemitteldesorptionsverfahren

This European Standard was approved by CEN on 29 September 2001.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Contents

	page
Foreword	3
1 Scope	3
2 Normative references	3
3 Terms and definitions	4
4 Principle	4
5 Apparatus and materials	5
6 Sampling procedure	9
7 Analytical procedure	11
8 Calculation	13
9 Report	13
Annex A (informative) Measurement uncertainty and associated statistics	15
Annex B (informative) Typical desorption efficiencies of selected organic components on activated carbon	17
Annex C (informative) Procedure for control of leakage	19
Annex D (informative) Procedure for dilution sampling	20
Annex E (informative) Safety measures	21

Foreword

This European Standard has been prepared by Technical Committee CEN/TC 264 "Air Quality", the secretariat of which is held by DIN.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by May 2002, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by May 2002.

This European Standard has been prepared under a mandate given to CEN by the European Commission and European Free Trade Association.

The annexes A, B, C, D and E are informative.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organizations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom.

1 Scope

This European Standard specifies procedures for the sampling onto activated carbon, the preparation and the analysis of samples of volatile organic components such as those arising from solvent using processes. It can be used as a reference method.

NOTE See Council Directive 1999/13/EEC.

The results obtained using this Standard are expressed as the mass concentration (mg/m^3) of the individual gaseous organic components. This Standard is suitable for use in the range of about $0,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ to $2000 \text{ mg}/\text{m}^3$.

For the measurement of the mass concentration of total organic carbon arising from solvent using processes then EN 13526 should be used.

2 Normative references

This European Standard incorporates, by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text, and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

EN 13526:2001, *Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon in flue gases from solvent using processes - Continuous flame ionisation detector method.*

ISO 5725-1, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 1: General principles and definitions.*

ISO 9169, *Air Quality -- Determination of performance characteristics of measurement methods.*

3 Terms and definitions

For the purposes of this European Standard the following terms and definitions apply.

3.1

desorption efficiency

ratio of the mass of the recovered organic material to the mass of organic material added to the carbon adsorbent expressed as a percentage

3.2

detection limit

minimum concentration of a substance which produces an observable response, as referred to in ISO 9169

3.3

dilution gas

gas used to dilute sampled flue gas to prevent water condensation

3.4

flue gas

gaseous waste product from a solvent using process

4 Principle

4.1 General

There are three steps in the measurement of individual gaseous organic components. They are flue gas sampling, the treatment of sampled material, and the chemical analysis by gas chromatography.

4.2 Flue gas sampling

The principles of sampling are as follows:

- Organic components from a measured volume of gas shall be adsorbable onto the activated carbon.
- Particulate material which might interfere with the measurement should be removed.

- Water condensation should be prevented.

4.3 Treatment of sampled material

The collected organic material shall be desorbed using an extraction solvent.

4.4 Chemical analysis

An aliquot of the sample is injected into a gas chromatography system equipped with a capillary column and an appropriate detector (e.g. flame ionisation detector, mass selective detector etc.). The components are separated by gas chromatography. The detector signals are evaluated using the calibration function.

4.5 Desorption efficiency determination

At the sample preparation stage a known amount of a reference material is introduced on to a blank carbon tube to determine component desorption efficiency.

The desorption efficiency can be determined as shown in annex B.

NOTE The desorption efficiency should be better than 80 %.

5 Apparatus and materials

5.1 Sampling system – general aspects

The sampling system shall be designed to take account of the flue gas characteristics:

- it shall be made of a material that is chemically and physically inert to the constituents of the flue gas;

NOTE 1 Stainless steel, glass, polytetrafluoroethylene and polypropylenefluoride are well proven construction materials.

- the sampling line shall be as short as possible;
- the sampling line shall include a filtering device directly after the probe to trap particles;
- it shall be designed to prevent condensation.

NOTE 2 Many of the solvent using processes covered by the Council Directive 1999/13/EEC produce flue gases which do not have a high water content. Where high solvent concentrations or the condensation of water vapour is expected this CEN Standard recommends the use of dilution sampling systems.

Examples of systems suitable for sampling both dry and wet flue gases are described in this standard.

5.1.1 Sampling without dilution

An example of a suitable sampling system is shown in Figure 1.

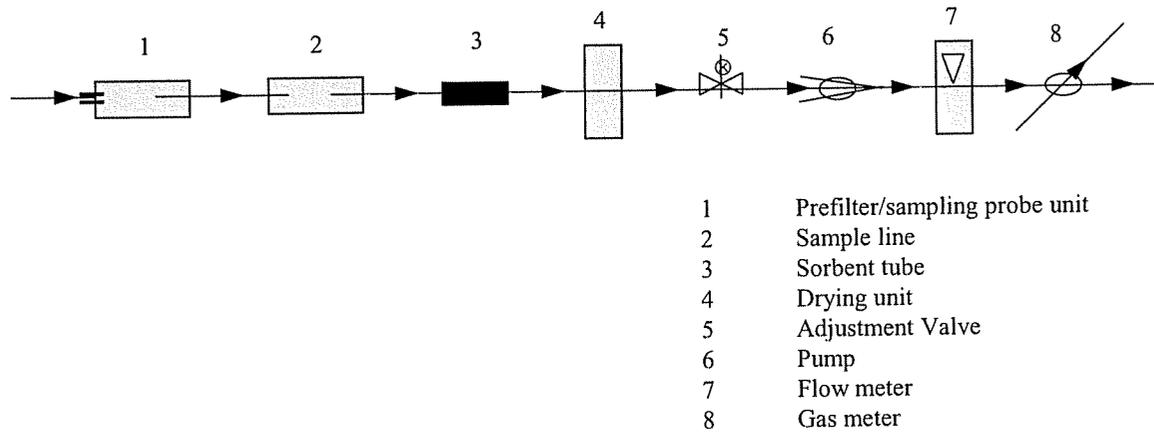


Figure 1 - Example of a flue gas sampling system

5.1.2 Sampling using dynamic dilution

An example of a dynamic dilution system is shown in Figure 2.

The dilution should be adjustable and shall be constant to within 5 % during operation.

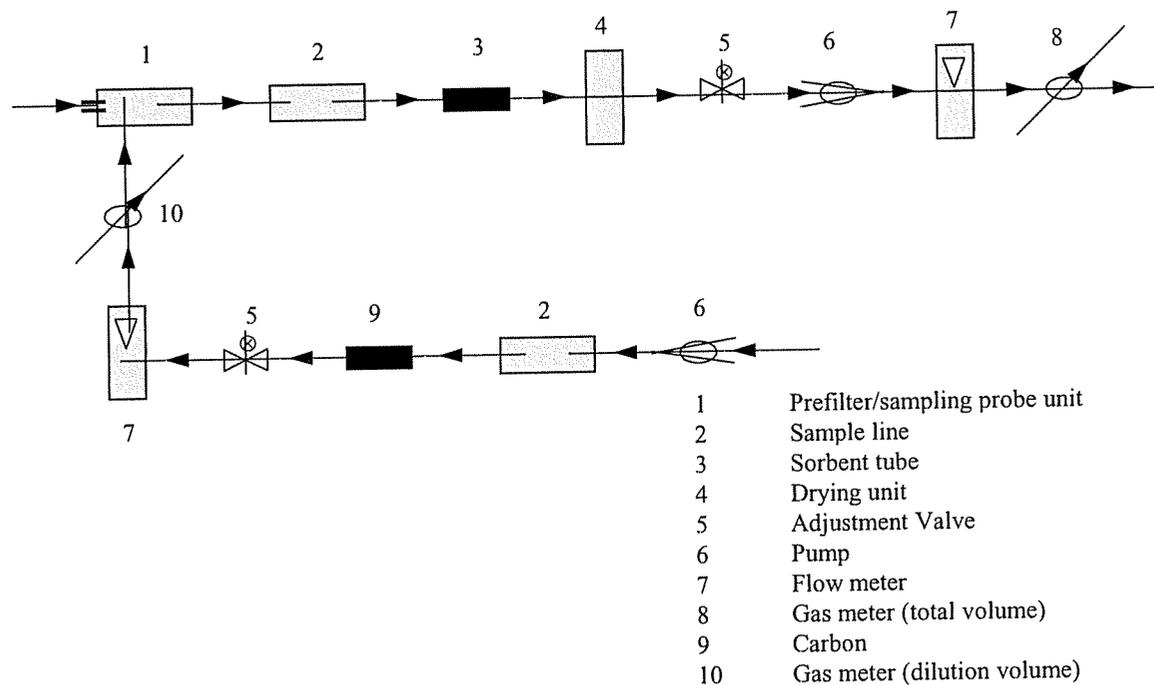


Figure 2 - Example of a dynamic dilution sampling system

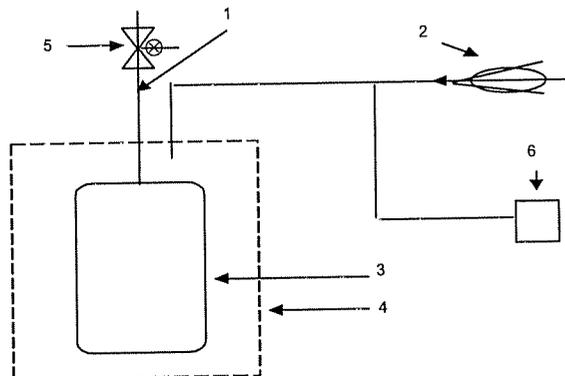
5.1.3 Sampling using static dilution

Static dilution sampling can be carried out by part filling a sample bag, fabricated from an inert material, with a known volume of dry dilution gas, a known volume of flue gas is then added. A heated sampling probe can be used to ensure that no condensation occurs before the sample enters the bag. Following sampling the bag is emptied through the sorbent tube.

NOTE 1 A suitable procedure is the 'lung principle' in which a sample bag is placed in a rigid, leak proof container, the air is removed from the container using a vacuum pump, the reduced pressure in the container causes the bag to fill with a volume of sample equal to that which has been removed from the container. A pressure control device operating at not greater than 250 Pa should be used to prevent the bag bursting.

NOTE 2 A suitable bag material include polyvinyl fluoride.

NOTE 3 A suitable procedure for collecting diluted gas samples is given in annex D.



Key

- 1 PTFE tube
- 2 Pump
- 3 Bag (partially filled with dilution gas)
- 4 Rigid container
- 5 PTFE valve
- 6 Pressure control device

Figure 3 - Example of a static dilution sampling system

5.1.4 Sorbent tube

The sorbent tube, filled with activated carbon as the adsorbent, shall have the following characteristics:

- a main adsorbent layer containing not less than 100 mg of activated carbon;

NOTE 1 A suitable material is activated carbon prepared from coconut shell.

- a security adsorbent layer to detect breakthrough;
- the sorbent tube construction material shall be inert;

NOTE 2 A suitable material is glass.

- the sorbent tubes shall be free from contamination.

Open or used sorbent tubes shall not be reused. Sorbent tubes shall be used in accordance with the manufacturers instructions to avoid leakage and sample loss.

NOTE 3 Typical desorption efficiencies of common solvents from tubes of this type are given in annex B.

5.1.5 Dilution gas

Dilution gas should be nitrogen or dry air containing less than 0.1 % of the emission limit value of any of the principal components under investigation.

NOTE Nitrogen of purity 99,999 % or ambient air, purified by passage through activated carbon, normally meets these requirements.

5.2 Analytical reagents

5.2.1 General

Only reagents of recognised analytical grade or better quality shall be used.

5.2.2 Extraction Solvent

Extraction solvents shall be of chromatographic quality and free from components co-eluting with the components of interest.

NOTE 1 Carbon disulphide (CS₂) is a suitable extraction solvent for most of the components likely to be encountered in solvent using processes.

NOTE 2 For polar substances other extraction solvents can be used (see annex B).

5.2.3 Reference materials for calibration of the analytical procedure

The chromatograph shall be calibrated with those reference materials which correspond to the components likely to arise in the process under investigation.

For the purpose of calibration the reference materials shall be prepared in a solution of the extraction solvent to be used. The extraction solvents are highly volatile and fresh reference standards should be prepared regularly.

5.3 Analytical apparatus

Laboratory apparatus suitable for capillary column chromatography shall be used.

6 Sampling procedure

6.1 General Aspects

The sample shall be representative of both the process emission and the local distribution of the measured constituents in the sampling plane.

The following points should be considered when sampling:

- the nature of the plant process e.g. steady state or cyclic. If possible the sampling programme should be carried out under steady operating conditions of the plant;
- the expected concentration to be measured and any required averaging period, both of which can influence the sampling time.

6.2 Choice of sampling procedure

The choice of sampling procedure shall be governed by the characteristics of the gas.

Sampling directly onto the sorbent material can be used when the flue gas does not have a high water content and the mass concentration of (organic) material is such that break through is unlikely to occur.

The temperature of the flue gas should not exceed 40 °C during adsorption. Provided that no condensation occurs hotter flue gas can be cooled down using a cooling section (inert sampling line). Sampling using dilution or equivalent methods shall be used if the exhaust gas is so moist that condensation occurs or the mass concentration of organic components is such that there is a risk of exceeding the capacity of the sorbent tubes. Dilution can be either static or dynamic.

NOTE A suitable procedure for dilution sampling is given in annex D.

6.3 Minimum sampling time and flow rate

The sampling time shall be chosen taking into consideration any required averaging period, process conditions, sampling and analytical equipment, and the lower detection limit of the

analysis. A typical time for an individual periodic measurement for most applications is 10-30 minutes. When sampling processes which are not steady state it may be necessary to reduce the sampling time. The sampling time should not be shorter than 5 minutes.

NOTE 1 Using activated carbon tubes with 100 mg activated carbon in the main adsorbent layer, 1 ml extraction solvent and a capillary column gas chromatograph with a flame ionisation detector, (absolute detection limit is $<1 \mu\text{g}$). A sampling time of 30 min and a sample gas flow of 0,5 l/min gives a sample gas volume of 15 l and a relative detection limit of approximately 0,1 mg/m³.

NOTE 2 Using activated carbon tubes with 1000 mg activated carbon, 10 ml extraction solvent and the same analytical equipment as above (Note 1). A sampling time of 30 min and a sample gas flow of 1 l/min gives a sample gas volume of 30 l and a relative detection limit of about 0,5 mg/m³.

NOTE 3 Using a gas chromatograph with a mass selective detector in single ion monitoring-modus the detection limit can be a factor of 100 lower.

NOTE 4 For other times and conditions the detection limit can be estimated from the figures above.

NOTE 5 The typical volume flow rate is 0,3 l/min to 1,0 l/min.

6.4 Measurement of flue gas sample volume

The volume of the gas sampled shall be measured using a gas meter or other suitable device calibrated in the range used. The sample temperature at the gas meter and atmospheric pressure shall be measured.

6.5 Control of leakage

Leakage contributes significantly to the errors when sampling and shall be controlled by appropriate check procedures before each sampling run. A suitable procedure for control of leakage is given in annex C.

NOTE A leak check after the sampling run is recommended where leak-sensitive devices such as gas bags are used, and in sampling conditions where the equipment was moved or subjected to vibration.

6.6 Handling, storage, transport

Following sampling, tubes shall be transported in a cool and dark environment. For extended storage, the tubes shall be stored at $<4 \text{ }^\circ\text{C}$ in a refrigerated container which is free from solvent contamination.

6.7 Sampling blanks

During the sampling exercise tubes shall be taken from each batch to act as blanks. Blank tubes shall be handled in the same manner to the sampling tubes with the exception of being exposed to the flue gas stream.

The main adsorption layer of a blank sorbent tube shall be analysed to determine the average blank for each component of interest. For every batch of tubes at least two blank tubes shall

be analysed. If the blank value is equivalent to a sample value which is greater than 5 % of the emission limit value of a component of interest the sampling exercise should be repeated.

7 Analytical procedure

7.1 Sample desorption

A suitable procedure for desorbing the collected sample is as follows:

- open the sorbent tubes, using a glass cutter if appropriate;
- place the main adsorbent layer and the security adsorbent layer into separate glass vials. The foam plug between the two layers may be discarded;
- close the vials with a septum using a screw cap or a crimp cap;
- weigh the vials;
- extract the organic material from the adsorbent by injecting a known volume of CS₂, or another suitable extraction solvent through the septum using a syringe. An amount of 1 ml of CS₂ per 100 mg of carbon is sufficient in most cases. The desorption efficiency can be determined as shown in annex B;
- agitate the vials in an ultrasonic bath for 10 minutes at a temperature not exceeding 283 K;
- separate the carbon by centrifugation for 10 minutes;
- re-weigh the vials. The difference in weight determines the quantity of the sample extract available for analysis;

NOTE 1 Any unused sample extract can be stored, for example in flame sealed glass pipettes in a freezer.

NOTE 2 Appropriate safety precautions should be followed throughout, see annex E.

7.2 GC-Analysis

The analysis of the sample shall be carried out by capillary gas chromatography (GC) with a flame ionisation detector or a mass sensitive detector. Typically 1 µl of the sample extract should be injected into the GC. The concentration of the components shall be calculated from peak areas of the chromatogram. The sample extract from the main adsorbent layer and the back adsorbent layer are analysed separately. For a valid sample the amount of individual organic component on the security layer of the sorbent tube should not exceed 5 % of the amount of the main adsorbent layer.

NOTE An example of an analytical system suitable for non-polar compounds in CS₂ solutions is:

- capillary column GC with a FID detector;

- 1 µl on-column injection;
- 30 m, 5 % phenylpolysiloxan fused silica capillary column, film thickness 0,25 µm;
- H₂ carrier gas;
- A temperature programme of Init: 30 °C, Hold: 2 min, Rate: 4 °C/min;
- Computer based data acquisition system;

7.3 Calibration of the GC analysis

Calibration solutions shall be prepared using the same extraction solvent that is used for the sample tubes. The range of concentration of the calibration solutions shall cover the concentrations of the sample extracts to be analysed. At least three different concentration levels shall be used for calibration.

NOTE 1 Calibration solutions with low concentrations of organic components can be prepared by first making a stock solution and then by diluting the stock solution to various concentrations. However, extraction solvents are highly volatile and evaporative losses should be minimised by using vessels closed with septa. The amount of the evaporative losses can be determined by weighing the vessels before adding the first organic component to the extraction agent and after adding the last organic component to the desorption agent. The least volatile organic component should be added to the extraction solvent first and the most volatile organic component should be added last. The evaporative losses are the difference between theoretical final weight and real final weight and should be less than 1 % of the theoretical final weight.

NOTE 2 Typically 1 µl of each calibration solution should be injected into the GC, operating under the same conditions as for the sample analysis, three times. A calibration graph should be prepared for every organic component by plotting the area of the analyte peaks, corrected for blank levels of the extraction solvent, on the vertical scale against the mass of the analyte, in micrograms, corresponding to the concentration in the calibration solutions.

NOTE 3 The calibration function (1) should be determined using linear regression:

$$A_i = f_i \times m_i + b_i \quad (1)$$

where

A_i	is the measured area of organic component i
f_i	is the slope of the calibration line for organic component i
m_i	is the mass of organic component i in the injected aliquot of sample extract
b_i	is the intercept on the ordinate of the calibration line of organic component i

7.4 Quantification of individual organic component concentrations

The analyses of the samples extracted from the main and security adsorbent layers shall be carried out as described in 7.2. The GC peak area, should be determined and the mass m_i of the specific components in the injected sample extract can be determined from the calibration graph. The masses of the main adsorbent layer and the security adsorbent layer are compared to check if the sample is valid (see 7.2). The mass of the specific component I present in the actual sample, m_i , collected by the sorbent tube can be calculated by multiplying m_i of the

main adsorbent layer by the volume of extraction solvent used for the main adsorption layer (see 7.1), and subtracting the value of the sampling tube blank.

The amount of individual organic component on the security layer of the sorbent tube should not exceed 5 % of the amount of the main adsorbent layer.

8 Calculation

Calculate the concentration of the specific components in the sampled air, in milligrams per cubic metre, by means of the following

$$c_i = \frac{m_i}{V_{\text{cor}}} \cdot 1000 \quad (2)$$

where

c_i is the concentration of specific component i in the gas sample, in milligrams per cubic metre

m_i is the mass (in mg) of specific component i present in the actual sample as found in 7.4,

V_{cor} is the volume of sample taken, in litres, at standard conditions (273 K and 1013 hPa) expressed on a dry basis.

$$V_{\text{cor}} = V \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0} \quad (3)$$

where

V is the measured volume of the flue gas sample, dry, in litres;

p is the actual pressure of the air sampled, hPa;

p_0 1030 hPa;

T is the actual temperature of the flue sampled, in Kelvin;

T_0 273 K.

9 Report

The test report shall refer to this Standard, and shall include the following information:

- a) Description of the purpose of the tests;
- b) Identification of the sampling location;

- c) Identification of the sample;
- d) Description of the operating conditions of the plant process and any variation during measurement (failing which, a minimum of information should be included to enable the data to be gathered from the operating record books, e.g. data, time);
- e) Results obtained, including the data, the mean values determined, the averaging periods and sampling blanks;
- f) The reference conditions used for correcting measured data.

NOTE The report should also contain the results of any checks (including leak checks), the desorption efficiency of the main components analysed and the proportion of sample recovered from the sorbent tube security layer.

Annex A (informative)

Measurement uncertainty and associated statistics

The measurement procedure was tested on a plant using a variety of solvents in a process manufacturing surface coatings and the results, calculated according to ISO 5725-1, are as shown in Table A.1 and A.2. CS₂ was used as the extraction solvent.

Table A.1 – Uncertainty from the Determination of Mass Concentration of Individual Gaseous Organic Compounds

Compound	Mean value	Mean standard deviation S_R	No. of sets n	Uncertainty 95 % confidence level U
	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³
methyl isobutyl ketone	25	2,3	10	5,1
butyl acetate	68	4,6	9	11
xylenes	120	3,5	8	7,8

Source: dk-Teknik Energy & Environment, Field Test Report for individual gaseous organic compounds CEN/TC 264/WG 4, 1998

S_R is the mean standard deviation of 2 laboratories analysing 10 sets of triplicate samples from 10 minute sampling periods. The uncertainty, U , of the measurement results was calculated using equation A.1 where t is the student t value.

$$U = t_{n-1} \cdot S_R \quad (\text{A.1})$$

Table A.2 shows results of the analysis from one laboratory of 10 sets of data from triplicate samples with 10 min sampling periods. CS₂ was used as the extraction solvent.

Table A.2 – Uncertainty from the Determination of Mass Concentration of Individual Gaseous Organic Compounds

Compound	Mean value	Mean standard deviation s_r	No. of values n	Uncertainty 95 % confidence level U
	mg/m ³	mg/m ³		mg/m ³
methyl isobutyl ketone	17	2,0	10	4,5
Butyl acetate	66	4,0	10	9,2
Xylenes	108	5,0	9	11

Source: dk-Teknik Energy & Environment, Field Test Report for individual gaseous organic compounds CEN/TC 264/WG 4, 1998

The uncertainty, U , of the measurement results was calculated using equation A.2 where t is the student t value.

$$U = t_{n-1} \cdot s_R \quad (\text{A.2})$$

Table A.3 compares the mean results obtained using direct sampling with those obtained using dilution sampling.

Table A.3 Comparison of static and dynamic dilution with direct sampling

Compound	Type of dilution	Number of sets n	Mean stack Concentration using direct sampling (a) mg/m ³	Mean concentration with dilution (b) mg/m ³	Standard deviation of difference (a - b) S mg/m ³	Uncertainty 95 % confidence level U mg/m ³
MIBK	static	5	23	22	2,3	4,0
	dynamic	5	36	34	6,1	13
Butyl acetate	static	5	86	91	8,9	18
	dynamic	4	108	114	13	29
Xylenes	static	5	83	86	7,1	13
	dynamic	5	134	139	28,3	57
Toluene	static	5	10	10	0,8	1,6
	dynamic	6	13	12	3,7	8,5

Source: dk-Teknik Energy & Environment, Field Test Report for individual gaseous organic compounds CEN/TC 264/WG 4, 1998

The uncertainty, U , of the measurement results was calculated using equations A.2 where t is the student t value.

Annex B
(informative)

Typical desorption efficiencies of selected organic components on activated carbon

Table B.1 - Typical desorption efficiencies of selected organic components on activated carbon

Solvent	Desorption efficiency %	Footnote
Toluene	82±5 to 99 92 to 97	1 / 2 4
White spirit	approx. 95	7
o-Xylene	90 to 97	2
m-Xylene	90 to 98	2
p-Xylene	90 to 100	2
Hexane	98	2
Pentane	90 to 95	4
160-180°C boiling range aromatics	80 to 85	7
Trichloroethene	100	2
Acetone	80 to 90	2 / 5
1,1,1 Trichloroethane	97	2
4-Methyl-2-pentanone	70 to 90	5
Tetrachloroethene	90 to 100	1 / 2
Butyl acetate	70 to 100	2 / 6
Ethyl acetate	90 to 100 80 to 100	1 / 2 6
1-Butanol	95	1
2-Butanone	75 to 90	5
180-220°C boiling range aromatics	less than 85	7
2-Propanol	85 to 95	1
2-Propyl acetate	100	2
Dichloromethane	95 to 100	2 / 4
Styrene	75 to 100	2 / 4
2-Butanol	95	1
2-Ethoxyethanol	65	3

- 1) BIA-methods; Messung von Gefahrstoffen - BIA-Arbeitsmappe - Epositionsermittlung bei chemischen und biologischen Einwirkungen; Band 1-3; Herausgeber: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit-BIA- des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.; Erich Schmidt Verlag
- 2) Norme française; Air quality - Workplace air - Sampling and analysis of gaseous organic pollutants on carbon - pumping sampling; NF X 43-252

- 3) Information from Dräger Inc., Drägerheft 325, (Jan.-April 1983)
- 4) Information from Dräger Inc., Drägerheft 332, (May- August 1985)
- 5) Information from Dräger Inc., Drägerheft 335, (May- August 1986)
- 6) Information from Dräger Inc., Drägerheft 340, (Jan.-May 1988)
- 7) Estimated

The desorption efficiency should be greater than 80 %. If the desorption efficiency is lower than 80 % the use of a different extraction solvent is advisable. For polar substances diethyl ether, carbon disulphide/2-propanol mixture and dichloro-methane/methanol mixtures may be more suitable. The desorption efficiency for the particular batch of carbon used for sample collection should be determined for the components of interest over the expected concentration range. Test samples should be prepared by injecting a known quantity of calibration solution (stock solution) directly onto the carbon in the tube. After this, the tube should be purged with pure nitrogen or helium at a flow rate of approximately 0,1 l/min over 10 minutes. Then the spiked tubes should be capped immediately.

At least 5 tubes should be prepared in this manner. A parallel blank tube should be treated in the same manner except that no stock solution is added to it. The spiked tubes and blank tubes should be desorbed and analysed in exactly the same manner as the sampling tubes. The desorption efficiency of each component is the ratio of the recovered organic material to the mass of organic material added to the carbon adsorbent expressed as a percentage.

Annex C

(informative)

Procedure for control of leakage

Leaks occur most frequently in the couplings between different components in the sampling line, e.g. defective packings, loose screw connections and broken ground glass joints. Leaks shall be controlled to a level below the uncertainty of the sample volume measurement or less than 2 % of the sampling rate, when tested under the highest vacuum to be applied during sampling. Typically the leak test shall cover the assembly of all components of the sampling equipment, from the probe to the gas meter. Different procedures for leak testing can be required, depending on the sampling system used:

- Direct sampling. The nozzle of the probe is stoppered and the pump started. After the maximum working vacuum is obtained the leak rate is measured with a flow meter, or the volume increase on the gas meter is read after one minute.
- Dilution probe. The probe nozzle and the dilution gas intake are stoppered. Purification devices such as filters, drier or adsorbent columns in the dilution gas line are included for the test. The pump is started and after a constant vacuum is reached the leak rate is measured as in direct sampling.
- A static dilution system can be tested by filling the container or bag at a known pumping rate, if it is leak free the process will be completed within a known time. Should the container bag fail to fill or take longer than expected it should be rejected.

Annex D
(informative)

Procedure for dilution sampling

D.1 Procedure for dynamic dilution

- Connect a supply of dilution gas to the sampling system.

NOTE 1 A suitable system is shown in Figure 2.

NOTE 2 Clean dry air or nitrogen are suitable dilution gases.

- Set the flow of dilution gas to a known volumetric flow.
- Sample a measured volume of flue gas at a known volumetric flow.

D.2 Procedure for collecting diluted gas samples

A suitable pre-dilution procedure for use with this standard is as follows:

- Place a flexible sample bag in a rigid container (see Figure 3).
 - Fully inflate bag with dilution gas
- NOTE Dry clean air or nitrogen are suitable.
- Attach a calibrated gas meter to the bag, record gas meter reading.
 - Fully deflate bag and record the meter reading.
 - Fully inflate bag with dilution gas.
 - Remove a known volume of dilution gas.
 - Collect a sample at a suitable flow rate, the sample collection is complete when pressure control device activates.
 - Sample humidity should be measured in order to determine the dry gas volume for V_{cor} in equation 3.

Annex E
(informative)

Safety measures

The ventilation should be sufficient to prevent the inhalation of solvent fumes (CS₂ toxicity). Gloves and safety glasses should be worn to prevent the solvent coming into contact with the skin or eyes. The gloves should be thick enough to prevent injury from a damaged carbon tube.

Attention should be given to the general working environment and any associated local safety instructions (including the possible need for proved explosive equipment).

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 16017-1

First edition
2000-11-15

Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography —

Part 1: Pumped sampling

*Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail — Échantillonnage et
analyse des composés organiques volatils par tube à
adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur
capillaire —*

Partie 1: Échantillonnage par pompage



Reference number
ISO 16017-1:2000(E)

© ISO 2000

PDF disclaimer

This PDF file may contain embedded typefaces. In accordance with Adobe's licensing policy, this file may be printed or viewed but shall not be edited unless the typefaces which are embedded are licensed to and installed on the computer performing the editing. In downloading this file, parties accept therein the responsibility of not infringing Adobe's licensing policy. The ISO Central Secretariat accepts no liability in this area.

Adobe is a trademark of Adobe Systems Incorporated.

Details of the software products used to create this PDF file can be found in the General Info relative to the file; the PDF-creation parameters were optimized for printing. Every care has been taken to ensure that the file is suitable for use by ISO member bodies. In the unlikely event that a problem relating to it is found, please inform the Central Secretariat at the address given below.

© ISO 2000

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 734 10 79
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Contents

Page

Foreword.....	iv
1 Scope	1
2 Normative references	2
3 Terms and definitions	2
4 Principle.....	3
5 Reagents and materials	3
6 Apparatus	5
7 Sample tube conditioning.....	6
8 Calibration of pump.....	7
9 Sampling.....	7
10 Procedure	8
10.1 Safety precautions.....	8
10.2 Desorption and analysis	8
10.3 Calibration	9
10.4 Determination of sample concentration.....	10
10.5 Determination of desorption efficiency.....	10
11 Calculations.....	10
11.1 Mass concentration of analyte	10
11.2 Volume concentration of analyte	11
12 Interferences	11
13 Performance characteristics	11
14 Test report	12
15 Quality control.....	12
Annex A (normative) Determination of breakthrough volumes from gas standards.....	21
Annex B (normative) Determination of breakthrough volume from the extrapolated retention volume	22
Annex C (informative) Description of sorbent types	23
Annex D (informative) Guidance on sorbent selection	24
Annex E (informative) Guidance on sorbent use.....	25
Annex F (informative) Summary of data on overall uncertainty, precision, bias and storage.....	26
Bibliography	28

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 3.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this part of ISO 16017 may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard ISO 16017-1 was prepared by Technical Committee ISO/TC 146, *Air quality*, Subcommittee SC 6, *Indoor air*.

ISO 16017 consists of the following parts, under the general title *Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography*:

— *Part 1: Pumped sampling*

— *Part 2: Diffusive sampling*

Annexes A and B form a normative part of this part of ISO 16017. Annexes C through F are for information only.

Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography —

Part 1: Pumped sampling

1 Scope

This part of ISO 16017 gives general guidance for the sampling and analysis of volatile organic compounds (VOCs) in air. It is applicable to ambient, indoor and workplace atmospheres and the assessment of emissions from materials in small- or full-scale test chambers.

This part of ISO 16017 is appropriate for a wide range of VOCs, including hydrocarbons, halogenated hydrocarbons, esters, glycol ethers, ketones and alcohols. A number of sorbents ¹⁾ are recommended for the sampling of these VOCs, each sorbent having a different range of applicability. Very polar compounds will generally require derivatization, very low boiling compounds will only be partially retained by the sorbents, depending on ambient temperature, and can only be estimated qualitatively. Semi-volatile compounds will be fully retained by the sorbents, but may only be partially recovered. Compounds for which this part of ISO 16017 has been tested are given in tables. This part of ISO 16017 may be applicable to compounds not listed, but in these cases it is advisable to use a back-up tube containing the same or a stronger sorbent.

This part of ISO 16017 is applicable to the measurement of airborne vapours of VOCs in a concentration range of approximately 0,5 µg/ m³ to 100 mg/m³ individual compound.

The upper limit of the useful range is set by the sorptive capacity of the sorbent used and by the linear dynamic range of the gas chromatograph column and detector or by the sample-splitting capability of the analytical instrumentation used. The sorptive capacity is measured as a breakthrough volume of air, which determines the maximum air volume that shall not be exceeded when sampling.

The lower limit of the useful range depends on the noise level of the detector and on blank levels of analyte and/or interfering artefacts on the sorbent tubes. Artefacts are typically sub-nanogram for well-conditioned Tenax GR and carbonaceous sorbents such as Carboxpack/Carbotrap type materials, carbonized molecular sieves and molecular sieves such as Spherocharb, or pure charcoal; at low nanogram levels for Tenax TA and at 5 ng to 50 ng levels for other porous polymers such as Chromosorbs and Porapak. Sensitivity is typically limited to 0,5 µg/m³ for 10-litre air samples with this latter group of sorbents because of their inherent high background.

The procedure specified in this part of ISO 16017 is applicable to low flowrate personal sampling pumps and gives a time-weighted average result. It is not applicable to the measurement of instantaneous or short-term fluctuations in concentration.

1) The sorbents listed in annex C and elsewhere in this International Standard are those known to perform as specified under this part of ISO 16017. Each sorbent or product that is identified by a trademarked name is unique and has a sole manufacturer; however, they are widely available from many different suppliers. This information is given for the convenience of users of this part of ISO 16017 and does not constitute an endorsement by ISO of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of ISO 16017. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of ISO 16017 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 5725-1:1994, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions.*

ISO 5725-2:1994, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.*

ISO 6141:2000, *Gas analysis — Requirements for certificates for calibration gases and gas mixtures.*

ISO 6145-1:1986, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods — Part 1: Methods of calibration.*

ISO 6145-3:1986, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Dynamic volumetric methods — Part 3: Periodic injections into a flowing gas stream.*

ISO 6145-4:1986, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Dynamic volumetric methods — Part 4: Continuous injection method.*

ISO 6145-5:—²⁾, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods — Part 5: Capillary calibration devices.*

ISO 6145-6:—²⁾, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures using dynamic volumetric methods — Part 6: Critical orifices.*

ISO 6349:1979, *Gas analysis — Preparation of calibration gas mixtures — Permeation method.*

EN 1076:1997, *Workplace atmospheres — Pumped sorbent tubes for the determination of gases and vapours — Requirements and test methods.*

3 Terms and definitions

For the purposes of this part of ISO 16017, the following terms and definitions apply.

3.1

breakthrough volume

volume of test atmosphere that can be passed through a sorbent tube before the concentration of eluting vapour reaches 5 % of the applied test concentration

NOTE 1 The breakthrough volume varies with the vapour and the sorbent type.

NOTE 2 See reference [4]. 3.2

retention volume

elution volume at peak maximum of a small aliquot of an organic vapour eluted from a sorbent tube by air or chromatographic carrier gas

2) To be published.

4 Principle

A measured volume of sample air is drawn through one (or more) sorbent tubes in series; an appropriate sorbent (or sorbents) being selected for the compound or mixture to be sampled. Provided suitable sorbents are chosen, volatile organic components are retained by the sorbent tube and thus are removed from the flowing air stream. The collected vapour (on each tube) is desorbed by heat and is transferred under inert carrier gas into a gas chromatograph equipped with a capillary column and a flame ionization detector or other suitable detector, where it is analysed. Analytical calibration is achieved by means of liquid or vapour spiking onto a sorbent tube.

5 Reagents and materials

During the analysis, use only reagents of recognized analytical reagent grade.

Fresh standard calibration blend solutions should be prepared weekly, or more frequently if evidence is noted of deterioration, e.g. condensation reactions between alcohols and ketones.

5.1 Volatile organic compounds, for calibration purposes, using either liquid spiking (5.7 and 5.8) or vapour spiking (5.4 to 5.6) onto sorbent tubes.

5.2 Dilution solvent, for preparing calibration blend solution for liquid spiking (5.7). This should be of chromatographic quality. It shall be free from compounds co-eluting with the compound or compounds of interest (5.1).

NOTE Methanol is frequently used. Alternative dilution solvents e.g. ethyl acetate or cyclohexane, can be used, particularly if there is no possibility of reaction or chromatographic co-elution.

5.3 Sorbents, of recommended particle size 0,18 mm to 0,25 mm (60 to 80 mesh).

Each sorbent should be preconditioned under a flow of inert gas by heating it overnight (= 16 h) at a temperature at least 25 °C below the published maximum for that sorbent before packing the tubes. To prevent recontamination of the sorbents, they shall be kept in a clean atmosphere during cooling to room temperature, storage, and loading into the tubes. Wherever possible, analytical desorption temperatures should be kept below those used for conditioning. Tubes prepacked by the manufacturer are also available for most sorbents and as such only require conditioning.

NOTE 1 Sorbent particle sizes larger than 0,18 mm to 0,25 mm may be used but the breakthrough characteristics given in Tables 1 to 6 may be affected. Smaller sorbent particle size ranges are not recommended because of back-pressure problems.

NOTE 2 A description of sorbents is given in annex C and a guide for sorbent selection is given in annex D. Equivalent sorbents may be used. A guide to sorbent conditioning and analytical desorption parameters is given in annex E.

5.4 Calibration standards, preferably prepared by loading required amounts of the compounds of interest on sorbent tubes from standard atmospheres (see 5.5 and 5.6), as this procedure most closely resembles the practical sampling situation.

If this way of preparation is not practicable, standards may be prepared by a liquid spiking procedure (see 5.7 and 5.8), provided that the accuracy of the spiking technique is either:

- a) established by using procedures giving spiking levels fully traceable to primary standards of mass and/or volume, or,
- b) confirmed by comparison with reference materials, if available, standards produced using standard atmospheres, or results of reference measurement procedures.

NOTE The loading ranges given in 5.6, 5.7 and 5.8 are not mandatory and approximate to the application range given in clause 1 for a 2-litre sample. For specific applications in which larger volumes are used to measure lower concentrations, other loading ranges may be more appropriate.

ISO 16017-1:2000(E)

5.5 Standard atmospheres.

Prepare standard atmospheres of known concentrations of the compound(s) of interest by a recognized procedure. Methods described in ISO 6141, the appropriate part of ISO 6145 and ISO 6349 are suitable. If the procedure is not applied under conditions that allow the establishment of full traceability of the generated concentrations to primary standards of mass and/or volume, or if the chemical inertness of the generation system cannot be guaranteed, the concentrations shall be confirmed using an independent procedure.

5.6 Standard sorbent tubes, loaded by spiking from standard atmospheres.

Prepare loaded sorbent tubes by passing an accurately known volume of the calibration atmosphere through the sorbent tube, e.g. by means of a pump. The volume of atmosphere sampled shall not exceed the breakthrough volume of the analyte sorbent combination. After loading, disconnect and seal the tube. Prepare fresh standards with each batch of samples. Prepare standard atmospheres equivalent to 10 mg/m³ and 100 µg/m³. For workplace air, load sorbent tubes with 100 ml, 200 ml, 400 ml, 1 l, 2 l, or 4 l of the 10 mg/m³ atmosphere. For ambient or indoor air, load sorbent tubes with 100 ml, 200 ml, 400 ml, 1 l, 2 l, 4 l or 10 l of the 100 µg/m³ atmosphere.

5.7 Solutions for liquid spiking.

5.7.1 Solution containing approximately 10 mg/ml of each liquid component.

Accurately weigh approximately 1 g of substance or substances of interest into a 100 ml volumetric flask, starting with the least volatile substance. Make up to 100 ml with dilution solvent (5.2), stopper and shake to mix.

5.7.2 Solution containing approximately 1 mg/ml of liquid components.

Introduce 50 ml of dilution solvent into a 100 ml volumetric flask. Add 10 ml of solution 5.7.1. Make up to 100 ml with dilution solvent, stopper and shake to mix.

5.7.3 Solution containing approximately 100 µg/ml of each liquid component.

Accurately weigh approximately 10 mg of substance or substances of interest into a 100 ml volumetric flask, starting with the least volatile substance. Make up to 100 ml with dilution solvent (5.2), stopper and shake to mix.

5.7.4 Solution containing approximately 10 µg/ml of liquid components.

Introduce 50 ml of dilution solvent into a 100 ml volumetric flask. Add 10 ml of solution described in 5.7.3. Make up to 100 ml with dilution solvent, stopper and shake to mix.

5.7.5 Solution containing approximately 1 mg/ml of gas components.

For gases, e.g. ethylene oxide, a high level calibration solution may be prepared as follows. Obtain gas at atmospheric pressure by filling a small plastic gas bag from a gas cylinder containing pure gas. Fill a 1-ml gas-tight syringe with 1 ml of the pure gas and close the valve of the syringe. Using a 2-ml septum vial, add 2 ml dilution solvent and close with the septum cap. Insert the tip of the syringe needle through the septum cap into the dilution solvent. Open the valve and withdraw the plunger slightly to allow the dilution solvent to enter the syringe. The action of the gas dissolving in the dilution solvent creates a vacuum, and the syringe fills with solvent. Return the solution to the flask. Flush the syringe twice with the solution and return the washings to the flask. Calculate the mass of gas added using the gas laws, i.e. 1 mole of gas at STP (standard temperature and pressure: 273,15 K and 1 013,25 hPa) occupies 22,4 litres, but correct for any non-ideality of the particular pure gas compound.

5.7.6 Solution containing approximately 10 µg/ml of gas components.

For gases, e.g. ethylene oxide, a low-level calibration solution may be prepared as follows. Obtain pure gas at atmospheric pressure by filling a small plastic gas bag from a gas cylinder. Fill a 10-µl gas-tight syringe with 10 µl of the pure gas and close the valve of the syringe. Using a 2-ml septum vial, add 2 ml dilution solvent and close with the septum cap. Insert the tip of the syringe needle through the septum cap into the dilution solvent. Open the valve and withdraw the plunger slightly to allow the dilution solvent to enter the syringe. The action of the gas dissolving in the dilution solvent creates a vacuum, and the syringe fills with solvent. Return the solution to the flask. Flush the syringe twice with the solution and return the washings to the flask. Calculate the mass of gas added using the gas laws, i.e. 1 mole of gas at STP occupies 22,4 litres, but correct for any non-ideality of the particular pure gas compound.

5.8 Standard sorbent tubes loaded by liquid spiking.

Prepare loaded sorbent tubes by injecting aliquots of standard solutions onto clean sorbent tubes as follows. Fit a sorbent tube into the injection unit (6.10) through which inert purge gas and a 1 µl to 4 µl aliquot of an appropriate standard solution, injected through the septum, are passed. After an appropriate time, disconnect and seal the tube. Prepare fresh standards with each batch of samples. For workplace air, load sorbent tubes with 1 µl to 5 µl of solutions 5.7.1, 5.7.2 or 5.7.5. For ambient and indoor air, load sorbent tubes with 1 µl to 5 µl of solutions 5.7.3, 5.7.4 or 5.7.6.

NOTE In the case of methanol, a purge gas flowrate of 100 ml/min and a 5 min purge time have been found to be appropriate to eliminate most of the solution solvent from the tube. If other dilution solvents are used, the conditions should be determined experimentally.

6 Apparatus

Use ordinary laboratory apparatus and the following.

6.1 Sorbent tubes, compatible with the thermal desorption apparatus to be used (6.9).

Typically, but not exclusively, sorbent tubes are constructed of stainless steel tubing, 6,3 mm (1/4 inch) OD, 5 mm ID and 90 mm long. Tubes of other dimensions may be used but the safe sampling volumes (SSV) given in Tables 1 to 6 are based on these tube dimensions. For labile analytes, such as sulfur-containing compounds, glass-lined or glass tubes (typically 4 mm ID) should be used. One end of the tube is marked, for example by a scored ring about 10 mm from the sampling inlet end. The tubes are packed with one or more preconditioned sorbents (5.3) so that the sorbent bed will be within the desorber heated zone and a gap of at least 14 mm is retained at each end to minimize errors due to diffusive ingress at very low pump flowrates. Tubes contain between 200 mg and 1 000 mg sorbent, depending on sorbent density (typically about 250 mg porous polymer or 500 mg carbon molecular sieve or graphitized carbon). The sorbents are retained by stainless steel gauzes and/or unsilanized glass wool plugs. If more than one sorbent is used in a single tube, the sorbents should be arranged in order of increasing sorbent strength and separated by unsilanized glass wool, with the weakest sorbent nearest to the marked sampling inlet end of the tube.

Do not pack sorbents with widely different (> 50 °C) maximum desorption temperatures into a single tube, or it will be impossible to condition or desorb the more stable sorbent(s) sufficiently thoroughly without causing degradation of the least stable sorbent(s).

6.2 Sorbent tube end caps.

The tubes shall be sealed according to the requirements of EN 1076:1997, subclause 5.6, or equivalent, e.g. with metal screw-cap fittings with polytetrafluoroethylene (PTFE) seals.

6.3 Sorbent tube unions.

Two sorbent tubes may be connected in series during sampling with metal screw-cap couplings with PTFE seals.

ISO 16017-1:2000(E)

6.4 Syringes, including a precision 10 µl liquid syringe readable to 0,1 µl, a precision 10 µl gas-tight syringe readable to 0,1 µl and a precision 1 ml gas-tight syringe readable to 0,01 ml.

6.5 Sampling pump

The pump should fulfil the requirements of EN 1232 [10] or equivalent.

The sampling pump shall be in accordance with local safety regulations.

6.6 Plastic or rubber tubing, about 90 cm long, of appropriate diameter to ensure a leak-proof fit to both pump and sample tube or tube holder, if used. Clips should be provided to hold the sample tube and connecting tubing.

Sampling tubes shall not be used with plastic or rubber tubing upstream of the sorbent. The use of such tubing may introduce contaminants or sorbed sampled VOCs.

6.7 Soap-bubble meter or other suitable device for calibrating pump.

The flow meter shall be traceably calibrated to a primary flow standard.

NOTE The use of an uncalibrated integral flow meter for the calibration of pump flowrates may result in systematic errors of several tens of percent.

6.8 Gas chromatograph, fitted with a flame ionization, photoionization detector, mass spectrometric or other suitable detector, capable of detecting an injection of 0,5 ng toluene with a signal-to-noise ratio of at least 5 to 1.

The gas chromatograph shall have a capillary column capable of separating the analytes of interest from other components.

6.9 Thermal desorption apparatus, for the two-stage thermal desorption of the sorbent tubes and transfer of the desorbed vapours via an inert gas flow into a gas chromatograph.

A typical apparatus contains a mechanism for holding the tubes to be desorbed whilst they are heated and purged simultaneously with inert carrier gas. The desorption temperature and time is adjustable, as is the carrier gas flowrate. The apparatus should also incorporate additional features, such as automatic sample tube loading, leak testing, and a cold trap in the transfer line to concentrate the desorbed sample (10.2). The desorbed sample, contained in the purge gas, is routed to the gas chromatograph and capillary column via a heated transfer line.

6.10 Injection facility for preparing standards by liquid spiking.

A conventional gas chromatographic injection port may be used for preparing sample tube standards. This can be used *in situ*, or it can be mounted separately. The carrier gas line to the injector should be retained. The back of the injection port should be adapted if necessary to fit the sample tube. This can be done conveniently by means of a compression coupling with an O-ring seal.

7 Sample tube conditioning

Prior to use, tubes should be reconditioned by desorbing them at a temperature at or just above the analytical desorption temperature (see annex E). Typical conditioning time is 10 min with carrier gas flowrate of 100 ml/min. The carrier gas flow should be in a direction opposite to that used during sampling. Tubes should then be analysed, using routine analytical parameters, to ensure that the thermal desorption blank is sufficiently small. If the blank is unacceptable, tubes should be reconditioned by repeating this procedure. Once a sample has been analysed, the tube may be reused to collect a further sample immediately. However, it is advisable to check the thermal desorption blank if the tubes are left for an extended period before reuse, or if sampling for a different analyte is envisaged. Tubes should be sealed with metal screwcaps with combined PTFE ferrule fittings and stored in an airtight container when not used for sampling or being conditioned.

NOTE The sorbent tube blank level is acceptable if interfering peaks are no greater than 10% of the typical areas of the analytes of interest.

8 Calibration of pump

Calibrate the pump with a representative sorbent tube assembly in-line, using an appropriate external calibrated meter.

One end of the calibrated flow meter should be at atmospheric pressure to ensure proper operation.

9 Sampling

Select a sorbent tube (or tube combination) appropriate for the compound or mixture to be sampled. Guidance on suitable sorbents is given in annex D.

If more than one tube is to be used, prepare a tube assembly by joining the tubes with a union (6.3).

Attach the pump to the sorbent tube or tube assembly with plastic or rubber tubing, so that the tube containing the stronger sorbent is nearest the pump.

When used for personal sampling, to minimize channelling the tube assembly should be mounted vertically in the breathing zone. The pump is attached as appropriate to minimize inconvenience. When used for fixed location sampling, a suitable sampling site is chosen.

Turn the pump on and adjust the flowrate so that the recommended sample volume is taken in the available time. The recommended air sample volume for the volatile organic compounds covered by this standard is between 1 litre and 10 litres. If the total sample is likely to exceed 1 mg (i.e. 1 mg on each tube), the sample volume shall be reduced accordingly, or overload may occur.

NOTE 1 Sampling efficiency is 100 % (quantitative), provided the sampling capacity of the sorbents is not exceeded. If this capacity is exceeded, breakthrough of vapour from the tube assembly will occur. The breakthrough volume may be measured by sampling from a standard vapour atmosphere, whilst monitoring the effluent air with a flame ionization or equivalent detector (a suitable method is described in annex A). Alternatively, instead of determining the breakthrough volume directly, the mathematically related retention volume may be determined. The retention volume is determined chromatographically at elevated temperatures and subsequent extrapolation to room temperature. A suitable method is described in annex B.

The breakthrough volume of porous polymers vary with ambient air temperature, reducing by a factor of about 2 for each 10 °C rise in temperature. It also varies with sampling flowrate, being reduced substantially at flowrates below 5 ml/min or above 500 ml/min. The breakthrough volumes of carbon molecular sieves are less affected by temperature and flowrate, but are substantially reduced at high concentrations of volatile organic vapour or high relative humidity. To allow a suitable margin of safety, a safe sampling volume (SSV) is defined such that it is a volume of not more than 70 % of the 5 %-breakthrough volume (see A.1.1 in annex A) or 50 % of the retention volume (see B.1 in annex B). Tables 1 to 6 give typical values for retention volumes and safe sampling volumes. These values have been determined by the chromatographic method (annex B).

NOTE 2 The safe sampling volumes in Tables 1 to 6 have been determined by the chromatographic method (annex B). Measurements by the direct method (annex A) [4] indicate that the chromatographic method is a reliable indication of the true breakthrough capacity except under conditions of high concentrations or very high humidity. These measurements [4] indicate that breakthrough volumes at high (80 %) humidity are about a factor of two lower for porous polymers and a factor of ten lower for carbonaceous sorbents than the low humidity value. If high concentrations [$> 300 \text{ mg/m}^3$ (100 ppm)] are also anticipated, the breakthrough volumes for carbonaceous sorbents should be further reduced by a factor of two.

If safe sampling volumes for compounds are estimated which are not listed in Table 1, this estimation is only possible for such compounds which are situated between the two listed compounds of homologues of a chemical group. In all other cases the safe sampling volume shall be tested experimentally with appropriate trials (e.g. similar sampling media in-line and separate analysis).

Note and record the times, temperature, flowrate or register reading if appropriate and the barometric pressure when the pump was turned on. At the end of the sampling period, note and record the flowrate or register reading, turn the pump off, and note and record the time, temperature and barometric pressure.

ISO 16017-1:2000(E)

Disconnect the sample tube assembly and seal both ends of each tube with compression seals. Tighten these seals securely. The tubes should be uniquely labelled. Solvent-containing paints and markers or adhesive labels should not be used to label the tubes.

If samples are not to be analysed within 8 h, place them in a clean, uncoated, refrigerated sealed metal or glass container. If possible the sampler should be refrigerated during transportation.

Record air temperature and barometric pressure periodically during sampling if it is desired to express concentrations reduced to specific conditions (11.1).

Field blanks should be prepared by using tubes identical to those used for sampling and subjecting them to the same handling procedure as the sample tubes except for the actual period of sampling. Label these as blanks.

NOTE 3 Since this method uses thermal desorption, unless the TD apparatus has the facility to retrap the sample after analysis, there will generally only be one opportunity to analyse the sample. If the sample is important and the chance of overload and/or sample breakthrough is a possibility, a second sample at a lower flowrate should be taken.

10 Procedure

10.1 Safety precautions

This part of ISO 16017 does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this part of ISO 16017 to establish appropriate health and safety practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

10.2 Desorption and analysis

Place the sorbent tube in a compatible thermal desorption apparatus. Purge the air from the tube to avoid chromatographic artefacts arising from the thermal oxidation of the sorbent or gas chromatographic stationary phase. Then heat the tube to displace the organic vapours which are passed to the gas chromatograph by means of a carrier gas stream. The gas flow direction at this stage should be the reverse of that used during sampling, i.e. the marked end of the tube should be nearest the gas chromatograph column inlet. Typically the gas flowrate through the tube should be in the order of 30 ml/min to 50 ml/min for optimum desorption efficiency.

For the initial air purge, it is usually necessary to use 10 × the tube volume (i.e. 20 ml to 30 ml) of inert gas to completely displace the volume of air (2 ml to 3 ml) in the tube. However, if strongly hydrophilic sorbents are needed, it may be necessary to employ a larger purge to reduce sorbed air and water to prevent ice formation blocking the cold trap. During the purge period, care should be taken to minimize heating of the tube.

The desorbed sample occupies a volume of several millilitres of gas, so that pre-concentration is essential prior to capillary GC analysis. This can be achieved using a small, cooled, secondary sorbent trap, which can be desorbed sufficiently rapidly at low flowrates (< 5 ml/min) to minimize band-broadening and produce capillary-compatible peaks. Alternatively, an empty secondary trap, or one containing an inert material such as glass beads, can be used to pre-concentrate the sample, but such traps typically require cooling to below -100 °C. Alternatively, the desorbed sample can be passed directly to the gas chromatograph (single-stage desorption), where it shall be refocused. This typically requires a high phase-ratio column (e.g. 5 µm film thickness, 0,2 mm to 0,32 mm ID) and a sub-ambient starting temperature.

If a secondary sorbent cold trap is not available and if sub-zero capillary cryofocusing temperatures are used to preconcentrate the analytes, water shall be completely eliminated from the sample tube prior to desorption in order to prevent ice formation blocking the capillary tubing and stopping the thermal desorption process.

NOTE 1 If a secondary cold trap is not available and optimum sample tube desorption flowrates of 30 ml/min to 50 ml/min are used, a minimum split ratio of 30:1 to 50:1 will typically be required for operation with high-resolution capillary columns. Single-stage thermal desorption may thus limit sensitivity.

Desorption conditions should be chosen such that desorption from the sample tube is complete, and no sample loss occurs in the secondary trap, if used. Typical parameters are:

Desorption temperature	250 °C to 325 °C
Desorption time	5 min to 15 min
Desorption flowrate	30 ml/min to 50 ml/min
Cold trap low	+20 °C to –180 °C, depending on type of cold trap
Cold trap high	250 °C to 350 °C
Cold trap sorbent	typically same as tubes, 40 mg to 100 mg, if used
Carrier gas	helium
Split ratios	Split ratios between the sample tube and secondary trap and between the secondary trap and analytical column (if applicable) should be selected dependent on expected atmospheric concentration. (See guidance from respective manufacturers of the thermal desorption apparatus.)

The desorption temperature depends on the analyte and the sorbent used. Recommendations are given in Tables 1 to 6, but the maximum desorption temperatures given in annexes D and E for particular sorbents should be respected. Due to their potential thermal instability, secondary and tertiary volatile amines and some polyhalogenated compounds having one or two carbon atoms, especially brominated compounds, may suffer some thermal degradation.

Set the sample flow path temperature (transfer line temperature) high enough to prevent analyte condensation but not so high as to cause degradation. Analytes sufficiently volatile to be present in the vapour phase in air at ambient temperature, do not usually require flow path temperatures above 150 °C, however some types of apparatus may require higher temperatures.

Set up the gas chromatograph for the analysis of volatile organic compounds. A variety of chromatographic columns may be used for the analysis of these compounds. The choice will depend largely on which compounds, if any, are present that might interfere in the chromatographic analysis.

NOTE 2 Typical examples, as used to determine the data in Table 8, are 50 m × 0,22 mm fused silica columns with thick-film (1 µm to 5 µm) dimethylsiloxane or a 50 m stationary phase of 7 % cyanopropyl, 7 % phenyl, 86 % methylsiloxane. Typical operating conditions for these columns are a temperature programme from 50 °C to 250 °C at 5 °C /min, with an initial hold time of 10 min at 50 °C.

The capillary column or, preferably, a length of uncoated, deactivated fused silica, should be threaded back through the transfer line from the thermal desorption apparatus to the gas chromatograph such that it reaches as close as possible to the sorbent in the cold trap or as near as possible to the tube in a single-stage desorber. Internal tubing shall be inert and dead volumes shall be minimized. A split valve(s) is conveniently placed at the inlet and/or outlet of the secondary trap. The split valve on the outlet of the secondary trap may be located either at the inlet or the outlet of the transfer line. Split ratios depend on the application.

NOTE 3 Lower split ratios are suitable for ambient (typically 1:1 to 10:1) and indoor and some workplace air measurements (typically 1:1 to 20:1); higher split ratios for most workplace air measurements (typically 100:1 to 1000:1).

Correspondence of retention time on a single column should not be regarded as proof of identity.

10.3 Calibration

Analyse each sorbent tube standard (5.6 or 5.8) by thermal desorption and gas chromatography.

Prepare a calibration graph by plotting the base-ten logarithm of the areas of the analyte peaks, corrected for blank levels, on the vertical scale against the base-ten logarithm of the mass of the analyte, in micrograms, on the sorbent tube standard corresponding to the solutions 5.7 or atmospheres 5.4.

NOTE If the calibration range is less than one order of magnitude, then it is not necessary to take logarithms of the data.

10.4 Determination of sample concentration

Analyse the samples and sample blanks as described for the calibration standards in 10.2. Determine the peak area and read from the calibration graph the mass of the analyte in the desorbed sample.

10.5 Determination of desorption efficiency

The efficiency of desorption should be checked by comparing the chromatographic response of a sorbent tube standard (10.3) with that obtained by injecting aliquots of the standard solutions or the atmosphere directly into the gas chromatograph. Thus prepare a second calibration graph of peak area against mass of analyte as in 10.3, but using solutions 5.7 or atmosphere 5.6. This calibration should be the same or nearly the same as that in 10.3. The desorption efficiency is the response of a tube standard divided by that of the corresponding liquid standard injected directly. If the desorption efficiency is less than 95 %, change the desorption parameters accordingly.

NOTE Some makes of thermal desorber do not have a direct liquid injection facility. In these cases, and when loaded tubes are prepared from a calibration blend atmosphere, desorption efficiency should be checked by comparing the calibration graph of the substance of interest with that of n-hexane (5.1). The ratio of the slope of the calibration graph of the substance of interest relative to that of n-hexane should be the same as the relative response factor for that compound. Response factors for other compounds may be calculated approximately from effective carbon numbers [3]. If the ratio of the slopes of the calibration graphs do not agree with the relative response factor within 10 %, change the desorption parameters accordingly.

11 Calculations

11.1 Mass concentration of analyte

Calculate the concentration of the analyte in the sampled air, c_m , in micrograms per cubic metre, by means of equation (1):

$$c_m = \frac{m_F - m_B}{V} \cdot 1000 \quad (1)$$

where

m_F is the mass of analyte present in the actual sample as found in 6.3, in micrograms (sum of tubes if more than one used);

m_B is the mass of analyte present in the blank tube, in milligrams (sum of tubes if more than one used);

V is the volume of sample taken, in litres.

NOTE 1 If m_F and m_B are expressed in milligrams, the resultant concentration, c_m , will be in milligrams per cubic metre.

NOTE 2 If it is desired to express concentrations reduced to specified conditions, e.g. 25 °C and 101 kPa, then:

$$c_c = c_m \cdot \frac{101}{p} \cdot \frac{T + 273}{298} \quad (2)$$

where

c_c is the concentration of analyte in the air sampled, reduced to specified conditions, in micrograms per cubic metre;

p is the actual pressure of the air sampled, in kilopascals;

T is the actual temperature of the air sampled, in degrees Celsius.

11.2 Volume concentration of analyte

Alternatively, calculate the volume fraction of the analyte in air, c_V , in microlitres per cubic metre, by means of the following equation:

$$c_V = c_m \cdot \frac{24,5}{M} \cdot \frac{101}{p} \cdot \frac{T + 273}{298} \quad (3)$$

where

24,5 is the molar volume at 25 °C and 101 kPa;

M is the molecular mass of the analyte of interest, in grams per mole.

NOTE If c_m is expressed in milligrams per cubic metre, the resultant concentration, c_V will be in millilitres per cubic metre.

12 Interferences

Organic components which have the same or nearly the same retention time as the analyte of interest during the gas chromatographic analysis will interfere. Interferences can be minimized by proper selection of gas chromatographic columns and conditions and by stringent conditioning of both the sorbent tubes and analytical system before use.

This part of ISO 16017 is suitable for use in atmospheres of up to 95 % relative humidity (RH) for all hydrophobic sorbents such as porous polymers and Carbopack/Carbotrap. When less hydrophobic, strong sorbents such as pure charcoals or carbonized molecular sieves are used in atmospheres with humidity in excess of 65 % RH, care shall be taken to prevent water interfering with the analytical process.

NOTE 1 Suitable water elimination or reduction procedures include: sample splitting; 'dry purging' moisture from the secondary focusing trap and reducing the air volume sampled to 0,5 l.

NOTE 2 A sorption tube which at first shows a good level of blank values may give rise to formation of artefacts later on. Ozone [11, 17] and nitrogen oxides in the presence of water [12] may damage Tenax TA. Benzaldehyde and acetophenone are possible products of these reactions. If Tenax TA does not show the necessary stability because of the presence of aggressive gases, Carbopack may be used as a sorbent [12, 13, 14].

As ozone and nitrogen oxides may react with the components to be measured, one must consider this by choosing sampling volumes as small as possible if gases of this kind are to be expected in larger amounts in the air sampled.

13 Performance characteristics

Examples of the performance characteristics, including overall uncertainty, precision, storage and blank levels obtained when testing the procedure described in this part of ISO 16017 are given in annex F and Tables 7 to 13.

14 Test report

The test report shall contain at least the following information:

- complete identification of the sample;
- reference to this part of ISO 16017 and any supplementary standards;
- the sampling location, sampling time period and volume of air pumped;
- the barometric pressure and temperature, if required by clause 11;
- the test result;
- any unusual features noted during the determination;
- any operation not included in this part of ISO 16017 or in the International Standard to which reference is made or regarded as optional.

15 Quality control

An appropriate level of quality control should be employed, see [5].

The field tube blank is acceptable if artefact peaks are no greater than 10 % of the typical areas of the analytes of interest.

Blank levels of benzene, toluene and xylene have been determined [15] on unspiked, conditioned tubes as specified in 6.1 and 7, and transported to field sites (in one survey, world-wide), exposed (closed) alongside sample tubes for one month and then returned to the laboratory for analysis. Results of Chromosorb 106 and Carbograph TD-1 are given in Table 13. For both sorbents, recoveries were in the low nanogram range, slightly higher than indicated in [1] for freshly-conditioned Carbograph.

The safe sampling volumes of the sorbent tubes should be retested annually or once every twenty uses (whichever comes first), using one of the procedures described in annex A or B. If the safe sampling volumes of the tube fall below the normal air sample collection volume for the analytes in question, the tube should be repacked with fresh sorbent and reconditioned.

Table 1 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes (SSV) for organic vapours sampled on a 300 mg Chromosorb 106 sorbent tube at 20 °C

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C	Ref.
Hydrocarbons							
Propane ^b	42	—	0,17	0,09	0,29	—	[2]
Pentane	35	56	23	12	39	130	[2]
Hexane	69	16	74	37	120	160	[2]
Heptane	98	4,7	330	160	530	180	[1]
Octane	125	1,4	2 100	1 000	3 300	200	[1]
Nonane	151	—	14 000	7 000	2,3 × 10 ⁴	220	[1]
Decane	174	—	6,2 × 10 ⁴	3,1 × 10 ⁴	1,0 × 10 ⁵	250	[2]
Benzene	80	10,1	57	28	95	160	[2]
Toluene	111	2,9	160	80	270	200	[1]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C	Ref.
Xylene	138 to 144	0,67 to 0,87	1 600	770	2 600	250	[1]
Ethylbenzene	136	0,93	730	360	1 200	250	[1]
Trimethylbenzene	165 to 176	—	5 600	2 800	9 300	250	[1]
α -Pinene ^c	53	0,51	6 600	3 300	1,1 × 10 ⁴	200	[2]
Chlorinated hydrocarbons							
Dichloromethane	40	47	6,9	3,5	12	130	[2]
Carbon tetrachloride	76	12	44	22	73	160	[1]
1,2-Dichloroethane	84	8,4	34	17	67	150	[1]
Trichloroethylene	—	2,7	80	40	140	170	[1]
1,1,1-Trichloroethane	74	13,3	43	22	71	140	[2]
Esters and glycol ethers							
Methyl acetate	58	22,8	14	7	23	125	[2]
Ethyl acetate	71	9,7	39	20	67	150	[1]
Propyl acetate	102	3,3	300	150	500	170	[1]
Isopropyl acetate	90	6,3	150	75	250	165	[1]
Butyl acetate	126	1,0	1 500	730	2 400	95	[1]
Isobutyl acetate	115	1,9	880	440	1 500	90	[1]
<i>t</i> -Butyl acetate	98	—	330	160	530	185	[1]
Methoxyethanol	125	0,8	45	23	75	140	[2]
Ethoxyethanol	136	0,51	150	75	200	250	[1]
Methoxyethyl acetate	145	0,27	1 700	860	2 900	250	[1]
Ethoxyethyl acetate	156	0,16	8 100	4 000	1,3 × 10 ⁴	250	[1]
Ketones							
Acetone	56	24,6	2,9	1,5	5	120	[1]
Methyl ethyl ketone	80	10,3	21	11	35	145	[2]
Methyl isobutyl ketone	118	0,8	490	250	830	190	[1]
Alcohols							
Methanol ^b	65	12,3	0,78	0,39	1,3	—	[2]
Ethanol	78	5,9	3,2	1,6	5,3	120	[2]
<i>n</i> -Propanol	97	1,9	17	8	27	125	[1]
Isopropanol	82	4,3	88	44	15	120	[1]
<i>n</i> -Butanol	118	0,67	140	68	230	170	[2]
Isobutanol	108	1,6	60	30	100	150	[1]
Others							
Ethylene oxide ^b	11	147	0,84	0,42	1,4	100	[2]
Propylene oxide	34	59	2,0	1,0	3,4	120	[2]
Hexanal	131	—	1 680	840	2 800	220	[2]
^a See clause 9, notes 1 and 2.							
^b SSV below recommended 1 l, Carboxen 569 is preferred (Table 2).							
^c α -pinene is anomalous on Tenax but apparently normal on Chromosorb 106.							

Table 2 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes (SSV) for organic vapours sampled on a 500 mg Carboxen 569 sorbent tube at 20 °C [2]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Propane	42	—	7,2	3,6	7,2	200
Methanol ^b	65	12,3	4	2	4	200
Ethylene oxide	11	147	140	70	140	250

^a See clause 9, notes 1 and 2.
^b Desorption recovery is poor (see Table 7).

Table 3 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes for organic vapours sampled on a 200 mg Tenax TA sorbent tube at 20 °C [1]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Hydrocarbons						
Hexane	69	16	6,4	3,2	16	110
Heptane	98	4,7	34	17	85	130
Octane	125	1,4	160	80	390	140
Nonane	151	—	1 400	700	3 500	150
Decane	174	—	4 200	2 100	1,0 × 10 ⁴	160
Undecane	196	—	2,5 × 10 ⁴	1,2 × 10 ⁴	6,0 × 10 ⁴	170
Dodecane	216	—	1,26 × 10 ⁵	6,3 × 10 ⁴	3,0 × 10 ⁵	180
Benzene	80	10,1	13	6,2	31	120
Toluene	111	2,9	76	38	90	140
Xylene	138 to 144	0,67 to 0,87	600	300	1 500	140
Ethylbenzene	136	0,93	360	180	900	145
Propylbenzene	159	—	1 700	850	4 000	160
Isopropylbenzene	152	—	960	480	2 400	160
Ethyltoluene	162	—	2 000	1 000	5 000	160
Trimethylbenzene	165 to 176	—	3 600	1 800	8 900	170
Styrene	145	0,88	600	300	1 500	160
Methylstyrene	167	—	2 400	1 200	6 000	170
Chlorinated hydrocarbons						
Carbon tetrachloride	76	12	12	6,2	31	120
1,2-Dichloroethane	84	8,4	11	5,4	27	120
1,1,1-Trichloroethane	74	2,7	not recommended on Tenax			
1,1,2-Trichloroethylene	114	—	68	34	170	120
1,1,1,2-Tetrachloroethane	130	—	160	78	390	150
1,1,2,2-Tetrachloroethane	146	0,67	340	170	850	150
Trichloroethylene	87	2,7	11,2	5,6	28	120
Tetrachloroethylene	121	1,87	96	48	240	150
Chlorobenzene	131	1,2	52	26	130	140

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Esters and glycol ethers						
Ethyl acetate	71	9,7	7,2	3,6	18	120
Propyl acetate	102	3,3	36	18	92	140
Isopropyl acetate	90	6,3	12	6	31	120
Butyl acetate	126	1,0	170	85	420	150
Isobutyl acetate	115	1,9	265	130	650	130
<i>t</i> -Butyl acetate	98	—	not recommended on Tenax			
Methyl acrylate	81	—	13	6,5	32	120
Ethyl acrylate	100	3,9	48	24	120	120
Methyl methacrylate	100	3,7	55	27	130	120
Methoxyethanol	125	0,8	6	3	15	120
Ethoxyethanol	136	0,51	10	5	25	130
Butoxyethanol	170	0,1	70	35	170	140
Methoxypropanol	118	—	27	13	65	115
Methoxyethyl acetate	145	0,27	16	8	40	120
Ethoxyethyl acetate	156	0,16	30	15	75	140
Butoxyethyl acetate	192	0,04	300	150	750	160
Aldehydes and ketones						
Methyl ethyl ketone	80	10,3	6,4	3,2	16	120
Methyl isobutyl ketone	118	0,8	52	26	130	140
Cyclohexanone	155	0,45	340	170	850	150
3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enone	214	0,05	11 000	5 600	28 000	90
Furfural	162	0,5	600	300	1 500	200
Alcohols						
<i>n</i> -Butanol	118	0,67	10	5	25	120
Isobutanol	108	1,6	5,6	2,8	14	120
<i>t</i> -Butanol	83	1,17	not recommended on Tenax			
Octanol	180	—	2 800	1 400	7 000	160
Phenol	182	0,03	480	240	1 200	190
Others						
Maleic anhydride	202	6.E-6	180	88	440	180
Pyridine	116	16	8	40	150	—
Aniline	184	0,09	440	220	1 100	190
Nitrobenzene	211	0,02	28 000	14 000	70 000	200
^a See clause 9, notes 1 and 2.						

Table 4 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes for organic vapours sampled on a 500 mg Porapak N sorbent tube at 20 °C [1]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Hydrocarbons						
Pentane	35	56	8,2	4,1	8,2	180
Hexane	69	16	32	16	32	180
Heptane	98	4,7	190	95	190	180
Benzene	80	10	52	26	52	180
Alcohols						
Ethanol	78	5,9	7,5	3,7	7,5	120
<i>n</i> -Propanol	97	1,9	40	20	40	120
<i>n</i> -Butanol	118	0,67	10	5	25	120
Isobutanol	108	1,6	5,6	2,8	14	120
Octanol	180	—	2 800	1 400	7 000	160
Phenol	182	0,03	480	240	1 200	190
Others						
Acetic acid	116	—	97	50	97	180
Acetonitrile	82	9,9	7	3,5	7	180
Acrylonitrile	77	13,3	16	8	16	180
Propionitrile	97	—	23	11	23	180
Pyridine	116	—	390	200	390	180
Methyl ethyl ketone	80	10,3	95	50	95	180
^a See clause 9, notes 1 and 2. Reduce SSV by factor of 2 if sampling at high humidity.						

Table 5 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes (SSV) for organic vapours sampled on a 300 mg Spherocarb sorbent tube at 20 °C [1]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Butane	-0,5	—	1 600	820	2 700	270
Pentane	35	56	$6,3 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	335
Hexane	69	16	$3,9 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$	$7,0 \times 10^6$	390
Benzene	80	10,1	$1,0 \times 10^6$	$5,0 \times 10^5$	$1,7 \times 10^6$	375
Dichloromethane	40	47	400	200	700	250
1,1,1-Trichloroethane	74	13,3	$1,8 \times 10^4$	$9,0 \times 10^3$	$2,7 \times 10^4$	290
Methanol	65	12,3	1260	130	430	340
Ethanol	78	5,9	6 900	3 500	$1,2 \times 10^3$	370
^a See clause 9, notes 1 and 2. Reduce SSV by a factor of 10 if sampling at high humidity; reduce SSV by a factor of 2 if sampling at high concentration.						

Table 6 — Extrapolated retention volumes and safe sampling volumes (SSV) for organic vapours sampled on a 300 mg charcoal sorbent tube at 20 °C [1]

Organic compound	Boiling point °C	Vapour pressure kPa (25 °C)	Retention volume l	SSV ^a l	SSV per gram l/g	Desorption temperature °C
Propane	-42	—	10 ^b	5	15	220 ^b
Butane	-0,5	—	900 ^b	450	600	270 ^b
Pentane	35	56	2,7 × 10 ⁴	1,3 × 10 ⁴	4,3 × 10 ⁴	327
Hexane	69	16	1,5 × 10 ⁶	7,5 × 10 ⁵	2,5 × 10 ⁶	388
Benzene	80	10,1	3,4 × 10 ⁵	1,7 × 10 ⁵	5,6 × 10 ⁵	370

^a See clause 9, notes 1 and 2. Reduce SSV by a factor of 10 if sampling at high humidity; reduce SSV by a factor of 2 if sampling at high concentration.

^b Extrapolated from data on pentane, hexane and benzene.

Table 7 — Precision of analysis and storage of test compounds on Chromosorb 106 and Carboxen 569 [2] (load level 1 µg)

Organic compound	Precision of analysis % CV		Storage recovery %	
	Chromosorb	Carboxen	Chromosorb	Carboxen
Propane		1,8		115
Pentane	1,7		112	
Hexane	2,1; 3,6		104	
Benzene	2,9		100	
Dichloromethane	1,9		114	
1,1,1-Trichloroethane	2,4		101	
Methanol		1,7		64
Ethanol	5,9		96	
Butanol	1,3		101	
Methyl acetate	1,8		113	
Methoxyethanol	5,7		121	
Methyl ethyl ketone	2,2		103	
Acetonitrile	4,1		112	
Butyl acetate	3,4		104	
α-Pinene	4,2; 2,5		104	
Decane	4,2		104	
Propylene oxide	3,6		103	
Hexanal	3,5		98	

Table 8 — Precision and storage recovery of solvents on Tenax TA sorbent tubes

Organic compound	Loading µg	Times = 0 % CV ^a	Times = 5 months mean recovery ^b + % CV		Times = 11 months mean recovery + % CV	
			Recovery	Precision	Recovery	Precision
Hydrocarbons						
Hexane	7,8	10,7	93,6	17,9	100,8	26,1
Heptane	8,4	2,4	99,5	2,1	100,0	1,3
Octane	8,6	2,4	100,1	1,8	100,0	0,5
Nonane	12,0	0,8	nd	nd	101,0	0,4
Decane	9,2	2,2	100,4	1,5	100,2	0,5
Undecane	9,1	2,3	100,7	1,5	100,2	0,2
Dodecane	9,9	2,8	101,8	1,5	101,5	0,4
Benzene	11,0	2,5	98,7	2,0	98,6	0,8
Toluene	10,9	2,6	(100,0)	1,8	(100,0)	0,6
<i>p</i> -Xylene	5,3	2,5	99,9	1,7	99,8	0,7
<i>o</i> -Xylene	11,0	2,4	100,0	1,7	98,8	0,7
Ethylbenzene	10,0	0,5	99,6	0,4	97,9	1,3
Propylbenzene	10,5	2,3	99,7	1,5	98,5	0,7
Isopropylbenzene	10,9	2,3	98,9	1,8	97,2	1,3
<i>m</i> + <i>p</i> -Ethyltoluene	10,5	2,3	98,8	1,7	96,9	1,2
<i>o</i> -Ethyltoluene	5,4	2,2	100,1	1,6	98,9	0,7
1,2,4-Trimethylbenzene	10,8	2,2	100,1	1,3	99,1	0,5
1,3,5-Trimethylbenzene	10,7	2,2	100,0	1,5	99,1	0,5
Trimethylbenzene	10,2	1,7	101,6	0,5	101,3	0,8
Esters and glycol ethers						
Ethyl acetate	10,3	0,6	97,6	1,0	100,0	2,5
Propyl acetate	10,9	2,4	100,5	1,7	99,1	0,8
Isopropyl acetate	9,4	1,0	97,0	0,4	100,0	1,4
Butyl acetate	10,8	2,4	100,3	1,6	99,9	0,6
Isobutyl acetate	10,7	2,3	100,2	1,4	99,8	0,7
Methoxyethanol	8,9	5,4	87,3	5,7	93,1	1,6
Ethoxyethanol	10,4	4,2	97,6	2,5	97,2	3,3
Butoxyethanol	10,0	2,6	100,6	4,1	100,1	3,0
Methoxypropanol	10,4	2,4	95,3	3,6	99,0	1,2
Methoxyethyl acetate	12,5	2,1	100,6	1,4	98,9	1,4
Ethoxyethyl acetate	11,4	0,9	99,8	2,2	98,7	2,6
Butoxyethyl acetate	11,5	2,3	101,3	1,3	99,9	1,1
Aldehydes and ketones						
Methyl ethyl ketone	9,2	0,9	97,4	0,8	99,1	0,6
Methyl isobutyl ketone	9,3	0,6	100,7	0,6	100,7	0,5
Cyclohexanone	10,9	0,8	102,4	1,2	100,7	0,6
2-Methylcyclohexanone	10,7	0,7	101,1	0,5	101,1	1,3
3-Methylcyclohexanone	10,5	0,8	103,6	1,0	103,0	0,7

Organic compound	Loading µg	Times = 0 % CV ^a	Times = 5 months mean recovery ^b + % CV		Times = 11 months mean recovery + % CV	
			Recovery	Precision	Recovery	Precision
4-Methylcyclohexanone	10,6	0,9	103,6	1,4	102,7	0,6
3,5,5-Trimethylcyclohex-2-enone	10,6	2,3	101,4	0,9	97,7	1,2
Alcohols						
Butanol	9,0	1,1	94,8	3,0	96,9	1,2
Isobutanol	8,9	1,0	93,6	3,5	96,4	1,0

^a Six replicates.
^b Normalized to toluene = 100. The stability of toluene has been established in a BCR intercomparison [7].

Table 9 — Precision (repeatability and reproducibility) on Chromosorb 106

Loading level µg	Recovery %	ISO repeatability %	ISO reproducibility %
0,5	95,4	21,6	39,1
2,5	91,5	11,2	43,2
12,5	97,6	7,2	43,0
50	102,3	11,9	25,9
250	104,5	9,7	31,6
Overall	98,3	12,3	36,6

Table 10 — Recovery (%) of benzene, toluene and xylene from spiked tubes

Study No.		(%) Recovery					
		Chromosorb 106			Carbograph TD-1		
		Benzene	Toluene	Xylene	Benzene	Toluene	Xylene
1. UK survey	Mean recovery (%)	82,7	87,5	95,9	95,1	100,1	100,6
	Standard deviation (±)	8,3	6,7	10,4	12,1	4,4	10,0
	<i>n</i>	20	19	19	19	20	20
2. VOC air comparison	Mean recovery (%)	93,1	99,1	100,5	98,7	100,3	98,5
	Standard deviation (±)	11,9	7,9	5,0	3,0	2,7	2,0
	<i>n</i>	13	13	13	13	13	13
3. World survey	Mean recovery (%)	104,8	105,9	98,7	103,7	100,7	100,1
	Standard deviation (±)	11,3	10,1	7,8	4,6	3,2	2,3
	<i>n</i>	16	16	16	16	16	16
1 to 3	Mean of means (%)	93,5	97,5	98,3	99,2	100,4	99,7
	Standard deviation (±)	11,1	9,3	2,3	4,3	0,3	1,1
	<i>n</i>	3	3	3	3	3	3

NOTE In study 1, the spiked amounts of each hydrocarbon were approximately 80 ng; in studies 2 and 3, the masses were approximately 200 ng.

Table 11 — Standard deviation of the complete procedure — Application example 1

Substance	Mass concentration µg/m ³	Standard deviation %	Number of measurements	Mass concentration µg/m ³	Standard deviation %	Number of measurements
Isopentane	190	6,3	9	15,1	14,4	12
<i>n</i> -Pentane	148	6,8	10	11,9	15,3	11
Benzene	162	7,4	10	13,7	16,0	11
Toluene	189	8,2	10	15,6	16,5	12

Table 12 — Standard deviation of the complete procedure

Substance	Mass concentration µg/m ³	Standard deviation µg/m ³
<i>n</i> -Hexane	110	5,6 = 5 %
<i>n</i> -Heptane	19,1	0,5 = 3 %
Benzene	31	2,7 = 9 %
Toluene	66	1,9 = 3 %
<i>m</i> -Xylene	16,8	0,9 = 5 %

Table 13 — Blank levels for benzene, toluene and xylene for Chromosorb 106 and Carbograph TD-1

Study No.		Chromosorb 106						Carbograph TD-1					
		Benzene		Toluene		Xylene		Benzene		Toluene		Xylene	
		µg/m ³	ng	µg/m ³	ng	µg/m ³	ng	µg/m ³	ng	µg/m ³	ng	µg/m ³	ng
1. UK survey	Mean	0,39	7,69	0,06	1,39	0,16	3,23	0,27	7,22	0,08	2,04	0,26	5,59
	Standard deviation (±)	0,12	1,96	0,03	0,55	0,09	1,64	0,11	2,75	0,03	0,78	0,12	2,28
	<i>n</i>	20		20		20		18		19		19	
2. VOC air comparison	Mean	0,58	10,38	0,15	3,26	0,08	1,46	0,28	6,88	0,15	3,34	0,12	2,35
	Standard deviation (±)	0,13	2,28	0,11	2,55	0,08	1,44	0,13	2,70	0,07	1,3	0,08	1,39
	<i>n</i>	14		14		14		14		14		14	
3. World survey	Mean	0,25	5,63	0,09	2,09	0,04	0,96	0,12	2,61	0,2	4,39	0,07	1,63
	Standard deviation (±)	0,14	3,04	0,11	2,36	0,02	0,51	0,05	1,13	0,28	6,19	0,05	1,17
	<i>n</i>	16		16		16		16		16		16	

Annex A (normative)

Determination of breakthrough volumes from gas standards

A.1 Apparatus

Ordinary laboratory apparatus and

A.1.1 Sorbent tube, as described in 6.1.

A.1.2 Flow meter, with range 20 ml/min to 200 ml/min, traceably calibrated to a primary flow standard.

A.1.3 Flame ionization detector or similar.

A.2 Reagents

A.2.1 Dynamic standard concentration of organic vapour in air.

This standard atmosphere may be prepared by dilution of a measured amount of organic vapour with a metered flow of air. Examples of methods of generating standard atmospheres are given in 5.5.

A.3 Determination

A.3.1 Assemble a gas train consisting of a dynamic standard atmosphere generator delivering a concentration equivalent to a current exposure limit for the analyte of interest, a sorbent tube, a flowmeter and a flame ionization detector. Pass the gas through the train at a known flowrate between 20 ml/min and 200 ml/min. Use a value in this range appropriate for the sampling rate intended. Note the time that the flow was initiated. When the vapour begins to emerge, the detector will show a response. Continue the measurement until a plateau corresponding to the input is reached. Determine the time at which 5 % of the input value is reached.

A.3.2 If the dead volume of the system is significant in comparison with the breakthrough volume, determine the dead volume by repeating the determination with an empty tube in the gas train and make a suitable correction.

A.3.3 Determine the effect of moisture on the breakthrough volume by humidifying the gas stream to approximately 80 % RH. Do this by diluting a primary gas stream with air at 100 % RH obtained by passing air through a series of water bubblers. Do not pass the organic vapour atmosphere through the water.

A.4 Expression of results

Calculate the breakthrough volume by multiplying the flowrate, expressed in litres per minute, by the elapsed time in minutes, taking the time elapsed from the point of flow initiation to the point where 5 % of the plateau value was reached.

Annex B (normative)

Determination of breakthrough volume from the extrapolated retention volume

B.1 Apparatus

Ordinary laboratory apparatus and

B.1.1 Sorbent tubes, as defined in 6.1.

B.1.2 Gas chromatograph, fitted with a flame ionization detector, capable of detecting an injection of 0,5 ng toluene with a signal-to-noise ratio of at least 5 to 1.

B.1.3 Flow meter, with a range of 20 ml/min to 200 ml/min.

B.1.4 Thermocouple.

B.2 Reagents

B.2.1 Dynamic standard concentration of organic vapour in air.

This standard atmosphere may be prepared by dilution of a measured amount of organic vapour with a metered flow of air. Examples of methods of generating standard atmospheres are given in 5.5.

B.3 Determination

Connect a sorbent tube (B.1.1) to the injection and detection ports of a gas chromatograph (B.1.2) in place of the normal chromatography column by means of narrow bore PTFE tubing. Determine the retention volume of a 1-ml aliquot of standard atmosphere (B.2.1; approximately 300 mg/m³ at 20 °C) at least five settings of the chromatograph oven temperature such that the retention time is convenient (between 2 min and 20 min). Calculate the retention volume by multiplying the retention time by the column volumetric flowrate. Repeat the determination five times at each temperature.

B.4 Expression of results

Plot the mean values of the determinations of retention volume at each temperature against reciprocal absolute temperature and extrapolate to 20 °C.

Annex C (informative)

Description of sorbent types

Sorbent	Type
Carbotrap	Graphitized carbon
Carbopack	Graphitized carbon
Carbograph TD-1	Graphitized carbon
Carbosieve S-III	Carbon molecular sieve
Carboxen 569	Carbon molecular sieve
Carboxen 1000	Carbon molecular sieve
Chromosorb 102	Styrene/divinylbenzene
Chromosorb 106	Polystyrene
Porapak N	Vinylpyrrolidone
Porapak Q	Ethylvinylbenzene/divinylbenzene
Spherocarb	Carbon molecular sieve
Tenax TA	Poly(diphenyl oxide)
Tenax GR	Graphitized poly(diphenyl oxide)

NOTE CarbotrapTM, CarbopackTM, Carbograph TD-1TM, Carbosieve SIIITM and CarboxenTM are trademarks of Supelco, Inc., USA; TenaxTM is a trademark of Enka Research Institute, NV, NL; ChromosorbTM is a trademark of Manville Corp, USA; PorapakTM is a trademark of Waters Associates Inc., USA; SpherocarbTM is a trademark of Analabs Inc., USA. This information is given for the convenience of users of this part of ISO 16017 and does not constitute an endorsement by ISO of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

Annex D (informative)

Guidance on sorbent selection

Sample tube sorbent	Approx. analyte volatility range	Max. temp. °C	Specific surface area m ² /g	Analyte examples
Carbotrap™ C Carbopack™ C	n-C ₈ to n-C ₂₀	> 400	12	Alkylbenzenes and aliphatics ranging in volatility from n-C ₈ to n-C ₁₆ .
Tenax™ TA	boiling point 100 °C to 400 °C n-C ₆ to n-C ₂₆	350	35	Aromatics, non-polar components (boiling point > 100 °C) and less volatile polar components (boiling point > 150 °C).
Tenax GR	boiling point 100 °C to 450 °C n-C ₇ to n-C ₃₀	350	35	Alkylbenzenes, vapour phase PAHs & PCBs and as above for Tenax TA.
Carbotrap Carbopack B Carbograph TD-1	(n-C ₄) n-C ₅ to n-C ₁₄	> 400	100	Wide range of VOCs, including ketones, alcohols, and aldehydes (boiling point > 75 °C) and all non-polar compounds within the volatility range specified. Plus perfluorocarbon tracer gases.
Chromosorb™ 102	boiling point 50 °C to 200 °C	250	350	Suits a wide range of VOCs, including oxygenated compounds and haloforms less volatile than methylene chloride.
Chromosorb 106	boiling point 50 °C to 200 °C	250	750	Suits a wide range of VOCs, including hydrocarbons from n-C ₅ to n-C ₁₂ . Also good for volatile oxygenated compounds.
Porapak™ Q	boiling point 50 °C to 200 °C n-C ₅ to n-C ₁₂	250	550	Suits a wide range of VOCs, including oxygenated compounds.
Porapak N	boiling point 50 °C to 150 °C n-C ₅ to n-C ₈	180	300	Specifically selected for volatile nitriles; acrylonitrile, acetonitrile and propionitrile. Also good for pyridine, volatile alcohols from EtOH, MEK, etc.
Spherocarb™ ^a	-30 °C to 150 °C C ₃ to n-C ₈	> 400	1 200	Good for very volatile compounds such as VCM, ethylene oxide, CS ₂ and CH ₂ Cl ₂ . Also good for volatile polars, e.g. MeOH, EtOH and acetone.
Carbosieve™ S-III ^a or Carboxen™ 1000 ^a	-60 °C to 80 °C	400	800	Good for ultra-volatile compounds such as C ₃ , C ₄ hydrocarbons, volatile haloforms and freons.
Molecular sieve ^b	-60 °C to 80 °C	350		Used specifically for 1,3-butadiene and nitrous oxide.
NOTE Trademark designations are given in annex C.				
^a These sorbents exhibit some water retention. Safe sampling volumes should be reduced by a factor of 10 if sampling a high (> 90%) relative humidity.				
^b Significantly hydrophilic. Do not use in high humidity atmospheres unless special precautions are taken.				

Annex E (informative)

Guidance on sorbent use

Sample tube sorbent	Maximum temp. °C	Hydrophobic	Temp. and gas flowrate for conditioning ^a	Temp. and min. gas flowrate for desorption	Recommended cold trap packing
Carbotrap C Carbopack C	> 400	Yes	350 °C and 100 ml/min	325 °C and 30 ml/min	Tenax or Carbopack C
Tenax TA	350	Yes	330 °C and 100 ml/min	300 °C and 30 ml/min	Tenax
Tenax GR	350	Yes	330 °C and 100 ml/min	300 °C and 30 ml/min	Tenax
Carbotrap Carbopack B Carbograph TD-1	> 400	Yes	350 °C and 100 ml/min	325 °C and 30 ml/min	Tenax or Carbopack B
Chromosorb 102	250	Yes	250 °C and 100 ml/min	225 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or Chromosorb 102
Chromosorb 106	250	Yes	250 °C and 100 ml/min	250 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or Chromosorb 106
Porapak Q	250	Yes	250 °C and 100 ml/min	225 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or Porapak Q
Porapak N	180	Yes	180 °C and 100 ml/min	180 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or Porapak N
Spherocarb ^b	> 400	No	400 °C and 100 ml/min	390 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or Spherocarb
Carbon molecular sieve such as Carbosieve S- III ^b or Carboxen 1000 ^b	400	No	350 °C and 100 ml/min	325 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or carbon molecular sieve alone
Molecular sieve ^c	350	No	330 °C and 100 ml/min	300 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap or carbon molecular sieve alone
Tenax/Carbopack B: combination tube type	350	Yes	330 °C and 100 ml/min	300 °C and 30 ml/min	Tenax
Carbopack B/carbon molecular sieve ^b combination tube type	400	No	350 °C and 100 ml/min	325 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve trap
Carboxen, 1000 series, combination tube type	400	No	350 °C and 100 ml/min	325 °C and 30 ml/min	Dual-bed Carbopack B plus carbon molecular sieve

NOTE Trademark designations are given in annex C.

^a The conditioning temperature is not the same as the pre-conditioning temperature. (See 5.3).

^b These sorbents exhibit some water retention. Safe sampling volumes should be reduced by a factor of 10 if sampling a high (> 90 %) relative humidity.

^c Significantly hydrophilic. Do not use in high humidity atmospheres unless special precautions are taken.

Annex F (informative)

Summary of data on overall uncertainty, precision, bias and storage

F.1 Data on overall uncertainty

Laboratory tests of the procedure [2], following in part EN 1076, using tubes as specified in 6.1 spiked from a standard atmosphere of hexane at 1,0 mg/m³ and 50 % R.H. at 20 °C and using a pump in conformity with EN 1232 [10], yielded results expressed as overall uncertainty (EN 482) [9]: Tenax TA, Tenax GR and Chromosorb 106 (mean of five determinations), 8,9 %; Carboxen 106 and Carbotrap (mean of three determinations), 16,8 %.

F.2 Data on precision and bias

Most tests of the performance of this procedure have examined only analytical precision. A summary of existing data on laboratory tests using tubes as specified in 6.1 is presented. To determine overall uncertainty, it is necessary also to know the sampling (pump) error and the bias. However, the reproducibility data enable an estimate to be made of the between-laboratory variance, which is not available from the overall uncertainty values in F.1.

Laboratory tests [2] on tubes liquid spiked with the compounds specified in 5.1 on Chromosorb 106 or Carboxen 569 at a load level of approximately 1,0 µg are summarized in Table 7. The precision, expressed as a coefficient of variation, was between 1,3 % and 5,9 %, depending on analyte. Expressed as repeatability (ISO 5725-1) the range is equivalent to 3,7 % to 16,7 %.

Laboratory tests [1] on tubes liquid spiked with a broader range of compounds on Tenax TA at a single load level of approximately 10 µg are summarized in Table 8. The precision expressed as a coefficient of variation, was between 0,4 % and 2,8 %, depending on analyte. Expressed as repeatability (ISO 5725-1) the range is equivalent to 1,1 % to 5,6 %.

Laboratory tests [6] on tubes vapour spiked with 11 model compounds including benzene, toluene, xylene and isopropylbenzene on Chromosorb 106 at load levels between 0,5 µg and 250 µg are summarized in Table 9. The precision, expressed as repeatability (ISO 5725-1) was between 7,2 % and 21,6 %, depending on loading level. The precision, expressed as reproducibility (ISO 5725-1) was between 25,9 % and 43,2 %, depending on loading level.

Laboratory tests [15] on tubes liquid spiked with benzene, toluene and xylene at 80 ng or 200 ng levels are summarized in Table 10. Tubes were transported to field sites (in one survey, worldwide), exposed (closed) alongside sample tubes for 1 month and then returned to the laboratory for analysis. Recoveries for Chromosorb 106 and Carbograph TD-1 tubes were between 82,7 % and 105,9 %. The precision, expressed as a coefficient of variation, was between 3,2 % and 12,1 % depending on sorbent and analyte.

Laboratory tests [16] on tubes spiked from a standard atmosphere containing methane, ethane, propene, vinyl chloride, isobutane, isobutene, n-butane, isopentane, n-pentane, benzene and toluene at two different concentrations are summarized in Table 11. In this case, tubes were constructed of glass tubing, 6 mm OD, 4 mm ID and 150 mm long, containing a 63 mg bed of 35/60 mesh Tenax TA (nearest the sampling inlet) and a 297 mg bed of 35/60 mesh XAD-4. For the compounds listed in Table 11, the precision, expressed as a coefficient of variation was between 6,3 % and 8,2 % at the higher level and between 14,4 % and 16,5 % at the lower level. The remaining compounds were not quantitatively retained.

Laboratory tests [16] on tubes spiked from a standard atmosphere containing n-hexane, n-heptane, benzene, toluene and m-xylene are summarized in Table 12. In this case tubes were constructed of glass tubing, 8 mm OD, 5 mm ID and 260 mm long, adapted to 6,3 mm OD at each end, containing a 500 mg bed of Tenax TA (nearest the

sampling inlet) and a 300 mg bed of Carbosieve-S (60-80 mesh). The precision, expressed as a coefficient of variation, was between 3 % and 9 %, depending on analyte.

NOTE For workplace measurements, the laboratory test [2] on hexane at 1,0 mg/m³ demonstrate that for all sorbents tested, the procedure meets the requirements of EN 482, i.e. the overall uncertainty is better than 30 %. EN 482 allows a partial evaluation, where not all the tests in EN 1076 have been undertaken, to be counted as a full evaluation on a temporary basis. Laboratory tests [6] demonstrate that the precision of analysis does not vary significantly for all the compounds tested. It may be concluded that for the compounds in Tables 7 and 8 the procedure meets the requirements of EN 482; for additional compounds in Tables 1 to 6, only safe sampling volume data are available. For ambient and indoor air measurements, there is no equivalent to EN 1076. However, the laboratory tests [16,17] suggest that the precision of analysis of typical compounds is about three times the values obtained for workplace concentrations, the overall uncertainty, therefore, would be expected to be better than 50 %.

F.3 Data on storage

A summary of existing data on laboratory storage tests using tubes as specified in 6.1 is presented in Tables 7 and 8.

Laboratory tests [2] on tubes spiked with the compounds on Chromosorb 106 and Carboxen 569 at a load level of approximately 1,0 µg and stored at room temperature for two weeks are summarized in Table 7. The mean recovery (relative to unstored tubes) for Chromosorb 106 was 105,6 %.

Laboratory tests [1] on tubes liquid spiked with a broader range of compounds on Tenax TA at a single load level of approximately 10 µg and stored at room temperature for 5 months are summarized in Table 8. Excluding hexane and methoxyethanol, the mean recovery (relative to unstored tubes) was 99,7 % and the mean coefficient of variation (σ_{n-1}) was 2 %. Similar results were obtained after storage for 11 months; excluding hexane and methoxyethanol, the mean recovery (relative to unstored tubes) was 99,4 % and the mean coefficient of variation was 0,9 %.

During the certification CRM 112 [7], the stability of a batch of tubes charge with benzene, toluene and *m*-xylene was examined for up to 25 months at temperatures between 0 °C and 40 °C. After 14 months and storage at 0 °C to 4 °C, recoveries of the three compounds were 101 % to 103 %. Under the same conditions but at ambient temperature and 40 °C, recoveries were respectively 102 % to 104 % and 100 % to 104 %. No instability was detected after 25 months, but recoveries were not reported.

Storage stability data of sub-microgram amounts of the EPA TO-14 mix of non-polar VOCs on two types of single-bed and three types of multi-bed carbon thermal desorption tubes have been published [15]. Recoveries after storage at 4 °C or 20 °C for up to 21 weeks are very dependent on both the sorbent(s) used and the compound, and the original data should be consulted. There was some evidence of dehydrochlorination of certain compounds, notably 1,1,2,2-tetrachloroethane, which may be a function of desorption conditions rather than storage time.

NOTE Seals may become loose during refrigeration because of differential thermal contraction. To avoid loss of sample or ingress of external contamination, check the seals periodically. Refrigeration may help to reduce any cross-reaction of sorbed VOCs.

Bibliography

- [1] UK Health and Safety Executive. *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. Volatile organic compounds in air — Laboratory method using pumped solid sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography. MDHS 72. HSE: (1992) London.
- [2] *Study of sorbing agents for the sampling of volatile compounds from air*. EC Contract MAT1-CT92-0038. Final Report (1995).
- [3] STERNBERG, J. C. The mechanism of response of flame ionization detectors. *Proc. 3rd Intern. Symp. Gas Chromatog.* (1960) pp. 231-267.
- [4] BROWN, R. H. and PURNELLI, C. J. Collection and Analysis of Trace Organic Vapour Pollutants in Ambient Atmospheres. The Performance of Tenax-GC Adsorbent Tube. *J. Chromatog.*, **178**, (1979) pp. 79-90.
- [5] UK Health and Safety Executive. *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. Analytical quality in workplace air monitoring. MDHS 71. HSE: (1991) London.
- [6] COKER, D. T. *et al.* A monitoring method for gasoline vapour giving detailed composition. *Ann. Occup. Hyg.* **33**, (1989) pp. 15-26.
- [7] VANDENDRIESSCHE, S. *et al.* Certification of a Reference Material for Aromatic Hydrocarbons in Tenax Samplers. *Analyst*, **116**, (1991) pp. 437-441.
- [8] UK Health and Safety Executive. *Methods for the Determination of Hazardous Substances*. Generation of standard atmospheres — Syringe injection method MDHS 3. HSE: (1983) London.
- [9] EN 482:1994, *Workplace atmospheres — General requirements for performance of procedures for the measurement of chemical agents*.
- [10] EN 1232:1993, *Workplace atmospheres — Pumps for personal sampling of chemical agents-Requirements and test methods*.
- [11] KNOEPEL, H., VERSINO, B., SCHLITT, H., PEIL, A., SCHAUBURG, H., VISSERS, H. Organics in air. Sampling and identification. *Proc. First European Symposium on physico-chemical behaviour of atmospheric pollutants*. ISPRA, 16-17 October 1979, pp. 25-40, Commission of the European Communities, Brussels-Luxemb. 1980.
- [12] DULSON, W. Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft. In: *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, **47**. Stuttgart: Gustav-Fischer-Verlag 1978.
- [13] BERTONI, G., BRUNER, F., LIBERTI, A., PERRINO, C. Some critical parameters in collection, recovery and chromatographic analysis of organic pollutants in ambient air using light adsorbents. *J. Chromatog.*, **203**, (1981), pp. 263-270.
- [14] VIDAL-MADJAR, C., GONNORD, M.-F., BENCHAH, F., GUICHON, G. Performances of various adsorbents for the trapping and analysis of organohalogenated air pollutants by gas chromatography. *J. Chromatog. Sci.*, **16** (1978), pp. 190-196.
- [15] WRIGHT, M.D., PLANT, M.T., BROWN, R.H., DE GRAFF, I.D. *Proc. Air and Waste Management Assoc. Conf. on Measurement and Toxic and Related Air Pollutants*, VIP-85, September 1-3, 1998, Cary, North Carolina, USA. ISBN 0-923204-15-6.
- [16] VDI 3482-6, *Measurement of gaseous emissions: gas-chromatographic determination of organic compounds — Sampling by enrichment; thermal desorption*.

- [17] CICCIOLO, P., BRANCALEONI, E., CECINATO, A., DIPALO, C., BRACHETTI, A., LIBERTI, A. GC evaluation of the organic components present in the atmosphere at trace levels with the aid of Caropack B for preconcentration of the sample. *J. Chromatog.*, **351**, (1986), pp. 433-499.

ISO 16017-1:2000(E)

ICS 13.040.01

© ISO 2000 – All rights reserved

Copyright Dansk Standard
Provided by IHS under license with DS-DANSK
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Licensee=Universita Bologna/5935522001
Not for Resale. 03/05/2007 06:57:25 MST

Appendice F

Schede tossicologiche: SOV identificate nelle emissioni gassose da cottura
di prodotti ceramici con additivi organici
International Chemical Safety Cards (ICSC)

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

GLICOL ETILENICO

ICSC: 0270



1,2-Etandiolo
1,2-Diidrossietano
HOCH2CH2OH
Massa molecolare: 62.1

ICSC # 0270
CAS # 107-21-1
RTECS # KW2975000
CE # 603-027-00-1

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE			
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE! Ventilazione.	
• INALAZIONE	Tosse. Vertigine. Mal di testa.		Aria fresca, riposo. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Cute secca.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Dolore addominale. Intorpidimento mentale. Nausea. Stato d'incoscienza. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI). Sottoporre all'attenzione del medico. Se non è disponibile alcun personale medico e il paziente è cosciente, l'ingestione di una bevanda alcolica può prevenire l'insufficienza renale.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Poi lavare via il residuo con acqua abbondante. (Protezione personale straordinaria: respiratore con		Separato da ossidanti forti, basi forti, Acetuito. Ventilazione lungo il pavimento. Symbols Xn R: 22 S: (2)	

filtro A/P2 per vapori organici e polveri nocive.)

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0270

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

GLICOL ETILENICO

ICSC: 0270

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, VISCOSO, IDROSCOPICO, INODORE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e attraverso la cute.
A		
T	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria sarà raggiunta abbastanza lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: Alla combustione, forma gas tossici. Reagisce con forti ossidanti e forti basi.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sui reni e sul sistema nervoso centrale, causando insufficienza renale e lesione cerebrale. L'esposizione potrebbe provocare attenuazione della vigilanza.
I	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV (come STEL): 100 mg/m ³ (valore ceiling) (ACGIH 1998).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso centrale, causando movimenti anormali degli occhi (nistagmo).
M		
P		
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		
<p>Proprietà Fisiche</p> <p>Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.00 Punto di infiammabilità: 111°C (c.c.) Punto di fusione: -13°C Densità relativa (acqua=1): 1.1 Solubilità in acqua: miscibile Temperatura di auto-accensione: 398°C Tensione di vapore, Pa a 20°C: 7 Limiti di esplosività, vol % in aria: 3.2-15.3 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -1.93</p>		
<p>Dati Ambientali</p> <p>Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa. Codice NFPA: H1; F1; R0;</p>		
<p>Informazioni Supplementari</p> <p>VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO</p>		
<p>ICSC: 0270</p> <p>(C) IPCS, CEC 1999</p> <p>GLICOL ETILENICO</p>		
<p>NOTIZIA</p> <p>Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista</p>		

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

GLICOLE DIETILENICO

ICSC: 0619

					
<p>Etilendiglicole 2,2'-Diidrossietilene 3-Ossipentan-1,5-diole $C_4H_{10}O_3$ / $(CH_2CH_2OH)_2O$ Massa molecolare: 106.1</p>					
<p>ICSC # 0619 CAS # 111-46-6 RTECS # ID5950000</p>					
TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI		
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, acqua in grande quantità, anidride carbonica.		
ESPLOSIONE			In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.		
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE RIGOROSA IGIENE!			
• INALAZIONE	Tosse, Vertigine.	Ventilazione.	Aria fresca, riposo.		
• CUTE	Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.		
• OCCHI	Arrossamento.	Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.		
• INGESTIONE	Dolore addominale. Confusione. Vertigine. Sonnolenza. Nausea. Stato d'incoscienza. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Somministrare carbone attivo in acqua. Sottoporre all'attenzione del medico. Se non è disponibile personale medico ed il paziente è cosciente, l'ingestione di bevande alcoliche può prevenire danni renali.		
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA		
Ventilazione. Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori coperti. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. (Protezione personale straordinaria: maschera respiratoria con filtro A per vapori organici.)		Separato da ossidanti forti. Asciutto.	R: S:		
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO					

ICSC: 0619

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

GLICOLE DIETILENICO

ICSC: 0619

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO IGROSCOPICO INCOLORE, VISCOSO, INODORE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE:
I	PERICOLI CHIMICI: Reagisce violentemente con forti ossidanti.	Una contaminazione pericolosa dell'aria non sarà raggiunta o lo sarà solo molto lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE:
M		La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato e sui reni. L'esposizione può portare ad uno stato di incoscienza.
P		EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 245°C Punto di fusione: -6,5 - -10,5°C Densità relativa (acqua=1): 1.12 Solubilità in acqua: miscibile Tensione di vapore, Pa a 20°C: 2	Densità di vapore relativa (aria=1): 3.66 Punto di infiammabilità: 124°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 229°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.8-12.2 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -1.98
DATI AMBIENTALI		
NOTE		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
Codice NFPA: HI; FI; RO;		
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO		
ICSC: 0619		
(C) IPCS, CEC 1999		
GLICOLE DIETILENICO		
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	IN NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPILENE GLICOLE

ICSC: 0321



1,2-Propanediolo
Metil etilene glicole
1,2-Diidrossipropano
 $C_3H_8O_2$ / $CH_3CHOHCH_2OH$
Massa molecolare: 76.09

ICSC # 0321
CAS # 57-55-6
RTECS # TY2000000

TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Oltre 99°C possono formarsi miscela vapore/aria esplosive.	A temperature superiori a 99°C usare un sistema chiuso, ventilazione.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE		Ventilazione.	Aria fresca, riposo.
• CUTE		Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI		Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Lavare via il liquido sversato con abbondante acqua.		Vedi Pericoli Chimici. Asciutto. Ben chiuso. Ventilazione lungo il pavimento.	R: S:
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO			
Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C), 1999			

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPILENE GLICOLE

ICSC: 0321

D A T I I M P O R T A N T I	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, INODORE, IGROSCOPICO, VISCOSO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo, per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione pericolosa dell'aria non sarà raggiunta o lo sarà solo molto lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
	PERICOLI CHIMICI: Reagisce con forti ossidanti causando pericolo di incendio.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi.
	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Contatti ripetuti o prolungati possono causare sensibilizzazione cutanea.
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 188.2°C Punto di fusione: -59°C Densità relativa (acqua=1): 1.04 Solubilità in acqua: miscibile Tensione di vapore, Pa a 20°C: 10.6	Densità di vapore relativa (aria=1): 2.6 Punto di infiammabilità: 99°C c.c.; 107°C o.c. Temperatura di auto-accensione: 371°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.6-12.6 Coefficiente di ripartizione etanolo/acqua come log Pow: -0.92
DATI AMBIENTALI		
		NOTE
		Codice NIPPA: H0; F1; R0;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 0321
		(C) IPCS, CEC 1999
		PROPILENE GLICOLE
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di parte di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

DIPROPILENE GLICOLE

ICSC: 1055



Bis(2-idrossipropil) etere
 2,2'-Diidrossidipropil etere
 1,1'-Dimetildietilene glicol
 1,1'-Ossidipropan-2-olo
 $C_6H_{14}O_3$ / $CH_3CHOHCH_2OCH_2CHOHCH_3$
 Massa molecolare: 134.2

ICSC # 1055
 CAS # 110-98-5
 RTECS # UB8785000

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Spruzzo d'acqua, schiuma alcool-resistente, anidride carbonica.
ESPLOSIONE			
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE		Ventilazione.	Aria fresca, riposo.
• CUTE	Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.
• OCCHI	Arrossamento.	Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Poi lavare via il residuo con acqua abbondante.	Ben chiuso.	
	R: S:	

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1995

ICSC: 1055

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

DIPROPILENE GLICOLE

ICSC: 1055

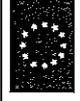
D	STATO FISICO; ASPETTO:	VIE DI ESPOSIZIONE:
A	LIQUIDO INCOLORE, DEBOLMENTE VISCOSO .	La sostanza può essere assorbita nell'organismo

T	PERICOLI FISICI:	per inalazione dei suoi aerosol.
I	PERICOLI CHIMICI:	RISCHI PER INALAZIONE: Non può essere fornita alcuna indicazione circa la velocità con cui si raggiunge una contaminazione dannosa nell'aria per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE:	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza e' mediamente irritante per gli occhi e la cute.
M	TLV non definito.	
P	MAK non definito.	
O		EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
R		
T		
A		
N		
T		
I		
	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 4.63 Punto di ebollizione: 232°C Punto di fusione: -40°C Densità relativa (acqua=1): 1.0 Solubilità in acqua: miscibile Temperatura di auto-accensione: 310°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.2-12.6 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.7 - -1.5
	DATI AMBIENTALI	
	NOTE	
		Codice NFPA: H0; F1; R0;
	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	
	VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	
	ICSC: 1055	(C) IPCS, CEC 1999
	NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	DIPROPILENE GLICOLE Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

NEOPENTIL GLICOLE

ICSC: 0305

			
<p>2,2-Dimetil-1,3-propanodiolio 1,3-Diidrossi-2,2-dimetilpropano 2,2-Dimetilpropano-1,3-diolo $C_5H_{12}O_2$ / $(CH_3)_2C(CH_2OH)_2$ Massa molecolare: 104,2</p>			
<p>ICSC # 0305 CAS # 126-30-7 RTECS # TY575000</p>			

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Spruzzo d'acqua, polvere.
ESPLOSIONE	Particelle finemente disperse formano miscele esplosive in aria.	Prevenire la deposizione di polvere; sistema chiuso, attrezzature elettriche e illuminazione a prova di esplosione di polvere.	
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse.	Evitare l'inalazione di polvere fine e nebbia. Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo.
• CUTI	Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sensazione di bruciore.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere la sostanza sversata in contenitori. Rimuovere la rimanenza con un getto di acqua nebulizzata. (Protezione personale straordinaria: respiratore con filtro P2 per particelle nocive.)	Separato da ossidanti. Asciutto.	R: S:

ICSC: 0305

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

NEOPENTIL GLICOLE

ICSC: 0305

D	STATO FISICO; ASPETTO: CRISTALLI INCOLORE TENDENTI AL BIANCO IGROSCOPICI.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi aerosol e per ingestione.
A		
T		
I	PERICOLI FISICI: In forma polverulenta o granulare, è possibile l'esplosione della polvere miscelata con aria.	RISCHI PER INALAZIONE: L'evaporazione a 20°C è trascurabile; una concentrazione dannosa di particelle aerodisperse può tuttavia essere raggiunta rapidamente quando disperso, soprattutto se polverulento.
I	PERICOLI CHIMICI: Reagisce violentemente con ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio.
M	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
P		
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		

PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 210°C Punto di fusione: 127°C Densità: 1.1 g/cm3 Solubilità in acqua, g/100ml a 20°C: 83 Tensione di vapore, Pa a 20°C: 30	Densità di vapore relativa (aria=1): 3.6 Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.0 Punto di infiammabilità: 107°C Temperatura di auto-accensione: 388°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.1-11.4 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.84
--------------------------	--	---

DATI AMBIENTALI	
NOTE	
Gli effetti sull'uomo da esposizione alla sostanza non sono stati indagati in maniera adeguata.	
Codice NFPA: H1; F1; R0;	

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

ICSC: 0305

(C) IPCS, CEC 1999

NEOPENTIL GLICOLE

NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:

Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

DIPROPILENEGLICOLE MONOMETIL ETERE

ICSC: 0884

  		<p>ICSC: 0884</p> <p>CAS # 34590-94-8</p> <p>RTECS # JM1575000</p>		<p>DPGME</p> <p>(2-Metossimetiletossi)-propanolo</p> <p>$C_7H_{16}O_3 / H_3COC_3H_6OC_3H_6OH$</p> <p>Massa molecolare: 148.2</p>	
TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI		
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.		
ESPLOSIONE	Oltre 74°C possono formarsi miscela vapore/aria esplosive.	A Temperature superiori a 74°C usare un sistema chiuso, ventilazione.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.		
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE!			
• INALAZIONE	Tosse. Vertigine. Sonnolenza.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.		
• CUITE	PUO' ESSERE ASSORBITO! CUTE secca. (Vedi Inalazione).	Guanti protettivi. Vestitario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.		
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.		
• INGESTIONE	(Vedi Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Sciacquare la bocca. Sottoporre all'attenzione del medico.		
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA		
Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori di plastica sigillabili. Lavare via il liquido sversato con abbondante acqua.		Separato da ossidanti forti. Ventilazione lungo il pavimento.	R: S:		
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO					
<p>Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999</p>					

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

DIPROPILENEGLICOLE MONOMETIL ETERE

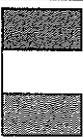
ICSC: 0884

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori, attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE:
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi dell'aria sarà raggiunta abbastanza lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.	Una contaminazione dannosa dell'aria sarà raggiunta abbastanza lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	esplosivi. Reagisce violentemente con forti ossidanti. Attacca molti metalli formando gas infiammabile/esplosivo (idrogeno-vedi ICSC 0001).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE:
M		Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando narcosi.
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 100 ppm; cute (ACGIH 1999).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O	TLV: 150 ppm; (STEL) (cute) (ACGIH 1999).	Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute.
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 5.1 Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.0 Punto di infiammabilità: 74°C Temperatura di auto-accensione: 270°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.3 - 10.4
	DATI AMBIENTALI	
		NOTE
		Ricerca i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati. Dowanol DPM, Dowanol 50 B e Ucar Solvent 2LM sono nomi commerciali.
		Codice NFPA: H0; F2; R0;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		DIPROPILENEGLICOLE MONOMETIL ETERE
		(C) IPCS, CEC 1999
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	<p>Iné NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.</p>	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

POLIETILENE GLICOL (200-600)

ICSC: 1517



PEG
 Poliossietilene
 Poli(ossidi-1,2-etindioili), alfa-idro-omega-idrossi
 $\text{HO}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{H}$
 Massa molecolare: 200-600

ICSC # 1517
 CAS # 25322-68-3
 RTECS # Vedere Note

TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere.	In caso di incendio nell'ambiente circostante: anidride carbonica, schiuma, polvere, spruzzo d'acqua.
ESPLOSIONE			
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE		Ventilazione.	Aria fresca, riposo.
• CUTE			Sciogliere la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI		Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Diarrea. Nausea.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori coperti. Lavare via il liquido sversato con abbondante acqua.	Asciutto. Ben chiuso.		
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO			
Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999			

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

POLIETILENE GLICOL (200-600)

ICSC: 1517

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, VISCOSO	VIE DI ESPOSIZIONE:
---	---	---------------------

A T I I M P O R T A N T I	LIEVEMENTE/IGROSCOPICO . PERICOLI FISICI: PERICOLI CHIMICI: LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito. MAK: (frazione inalabile) 1000 mg/m ³ ; Gruppo di rischio per la gravidanza: C; (DFG 2003).	RISCHI PER INALAZIONE: Una concentrazione fastidiosa di particelle arodisperse può essere raggiunta rapidamente quando disperso. EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 250°C Punto di fusione: Vedere Note: punto di ramollimento°C Densità relativa (acqua=1): 1.13 Solubilità in acqua: a 20 °C molto buona	Tensione di vapore, Pa a 20°C: <10 Punto di infiammabilità: 171-235°C Temperatura di auto-accensione: circa 360°C
DATI AMBIENTALI		
NOTE		
Questa scheda è valida per le seguenti sostanze individuali: Polietilene glicol 200 (RTECS TQ3600000), 300 (TQ3630000), 400 (TQ3675000), 600 (TQ3800000) e le miscele di polietilene glicol e è interamente applicabile per tutti i polietileni con massa molecolare compreso tra 200 e 600 g/mol. Il puntodi ramollimento per i Polietilene glicoli: 200 (-65 a -50°C), 300 (-15 a -10°C), 400 (-6 a 8°C), 600 (17 a 22°C). Carbowax è un nome commerciale. Codice NIPPA: H0; F1; R0;		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO		
ICSC: 1517		
POLIETILENE GLICOL (200-600)		
(C) IPCS, CEC 1999		
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

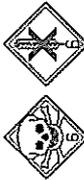
ACRILAMMIDE

ICSC: 0091



2-Propene ammido
Ammide dell'acido acrilico
Vinil ammido
 $C_3H_5NO / CH_2=CHCONH_2$
Massa molecolare: 71.1

ICSC # 0091
CAS # 79-06-1
RTECS # AS325000
NU # 2074
CE # 616-003-00-0



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile. Nella combustione libera fumi (o gas) tossici o irritanti.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Particelle finemente disperse formano miscele esplosive in aria.	Prevenire la deposizione di polvere; sistema chiuso, attrezzature elettriche e illuminazione a prova di esplosione di polvere.	
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA DISPERSIONE DELLA POLVERE! EVITARE OGNI CONTATTO!	IN OGNI CASO CONSULTARE UN MEDICO!
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola. Debolezza.	Aspirazione localizzata o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	PUO' ESSERE ASSORBITO! Arrossamento. Dolore. (Vedi inoltre Inalazione).	Guanti protettivi. Vestitario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Visiera, o protezione oculare abbinate a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Dolore addominale. Debolezza.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro. Lavarsi le mani prima di mangiare.	Risciacquare la bocca. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI). Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	Consultare un esperto! Raccogliere la sostanza sversata in contenitori. Raccogliere il residuo con cura, poi		
IMMAGAZZINAMENTO	Separato da ossidanti. Freddo. Mantenere al buio. Ben chiuso.		
IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	Materiale speciale. Nota: D, E Simboli T		

trasferire in un posto sicuro. Tuta di protezione da composti chimici munita di autorespiratore.

R: 45-46-24/25-48/23/24/25
S: 53-45
UN Classe di Rischio: 6.1
UN Gruppo di Imballaggio: III



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0091

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACRILAMMIDE

ICSC: 0091

D	STATO FISICO; ASPETTO: CRISTALLI BIANCHI.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione attraverso la cute e per ingestione.
A	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE: L'evaporazione a 20°C è trascurabile; una concentrazione dannosa di particelle aereodisperse può tuttavia essere raggiunta rapidamente.
T	PERICOLI CHIMICI: La sostanza potrà polimerizzare violentemente per forte riscaldamento superiore a 85°C o sotto l'influenza di luce e ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.
I	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV (come TWA): ppm; 0.03 mg/m ³ (cute) (ACGIH 1999). MAK: classe 2, cute (1999)	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso, causando danni ai nervi periferici. Questa sostanza è probabilmente cancerogena per l'uomo.
M		
P		
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 2.45 Punto di infiammabilità: 138°C C.c. Temperatura di auto-accensione: 424°C Coefficiente di ripartizione ottanolio/acqua come log Pow: -1.65 - -0.67
DATI AMBIENTALI	Questa sostanza può essere pericolosa per l'ambiente; una attenzione particolare deve essere posta ai pesci.	
NOTE		
In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. NON portare a casa abiti da lavoro. Transport Emergency Card: TEC (R) - 61G12C. Codice NFPA: H3; F2; R2;		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO		

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

POLIVINIL ALCOOL

ICSC: 1489

POLIVINIL ALCOOL

ICSC: 1489

			
Etenolo, omopolimero (CH ₂ CHOH) _n			
Massa molecolare: Polimero, massa molecolare variabile			
ICSC # 1489 CAS # 9002-89-5 RTECS # TR8100000			
TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile. Nella combustione libera fumi (o gas) tossici o irritanti.	NO fiamme libere.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Particelle finemente disperse formano miscele esplosive in aria.	Prevenire la deposizione di polvere; sistema chiuso, attrezzature elettriche e illuminazione a prova di esplosione di polvere. Prevenire la formazione di cariche elettrostatiche (per es. con messa a terra).	
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse.	Evitare inalazione di polvere.	Aria fresca, riposo.
• CUTE		Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.
• OCCHI	Arrossamento.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Protezione personale: respiratore con filtro P1 per particelle inerti. Raccogliere la sostanza sversata in contenitori appropriati. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente.		Separato da ossidanti forti, acidi forti.	
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO			
Preparata nel contesto della cooperazione tra l'Internazional Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999			
ICSC: 1489			

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

D A T I I M P O R T A N T I	STATO FISICO; ASPETTO: SOLIDO IN VARIE FORME, INCOLORE TENDENTE AL BIANCO.	VIE DI ESPOSIZIONE: RISCHI PER INALAZIONE: Non può essere fornita alcuna indicazione circa la velocità con cui si raggiunge una contaminazione dannosa nell'aria per evaporazione della sostanza a 20°C.
	PERICOLI FISICI: In forma pulverulenta o granulata, è possibile l'esplosione della polvere miscelata con aria. Per movimento o agitazione, etc., possono prodursi cariche elettrostatiche.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Può causare irritazione meccanica.
	PERICOLI CHIMICI: La sostanza si decompone per forte riscaldamento e per combustione producendo fumi tossici. Reagisce con ossidanti, acidi forti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito. MAK non definito.	
PROPRIETA FISICHE	Punto di fusione (con decomposizione) > 200°C Densità: 1.19-1.31 g/cm ³	Solubilità in acqua: buona Punto di infiammabilità: 79 °C o.c.
DATI AMBIENTALI	Questa sostanza può essere pericolosa per l'ambiente; una attenzione particolare deve essere posta ai pesci.	
NOTE		
Altri punti di fusione: 212-267°C		
Codice NFPA: H0; F2; R0;		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO		
ICSC: 1489		
(C) IPCS, CEC 1999		

NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.
-----------------------------------	---

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

VINILE ACETATO (MONOMERO)

ICSC: 0347



Estere etenilico dell'acido acetico
1-Acetossietilene
Estere vinilico dell'acido acetico
 $C_4H_6O_2/CH_3COOCH=CH_2$
Massa molecolare: 86.1

ICSC # 0347
CAS # 108-05-4
RTECS # AK0875000
NU # 1301
CE # 607-023-00-0



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	AFFF, schiuma alcool-resistente, polvere amida, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE!	
• INALAZIONE	Tosse. Respiro affannoso. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento. Vesciche.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore. Ustioni minori.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sonno/nausea. Mal di testa.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. (Protezione		
IMMAGAZZINAMENTO	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, Freddo. Asciutto. Mantenere al buio. Ben chiuso. Immagazzinare solo se stabilizzato.		
IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA			Nota: D Simboli F R: 11 S: 2-16-23-29-33

personale straordinaria: autorespiratore.)	UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: II
	
INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO	
Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999	
ICSC: 0347	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

VINILE ACETATO (MONOMERO)

ICSC: 0347

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, MOBILE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può rapidamente polimerizzare per riscaldamento sotto l'influenza di luce o perossidi con pericolo di incendio o esplosione. Reagisce violentemente con forti ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sui polmoni, causando lesioni tissutali.
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 10 ppm; 35 mg/m ³ (come TWA); 15 ppm; 53 mg/m ³ (come STEL); A3; (ACGIH 1994-1995).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE Punto di ebollizione: 72°C Punto di fusione: -93°C Densità relativa (acqua=1): 0.9 Solubilità in acqua, g/100ml a 20°C: 2.5 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 11.7	Densità di vapore relativa (aria=1): 3.0 Punto di infiammabilità: -8°C C.C. Temperatura di auto-accensione: 402°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.6-13.4 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.73
DATI AMBIENTALI	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.	
NOTE		
Altri punti di fusione: -100°C. L'uso di bevande alcoliche esalta l'effetto dannoso. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. La qualità stabilizzante dell'idrochinone si limita a 60 giorni. Per l'immagazzinamento prolungato, si raccomanda un altro inibitore quale la difenilamina. ACGIH ha classificato la sostanza come A3: carcinogeno animale.		
Transport Emergency Card: TEC (R) - 3. Codice NFPA: H2; F3; R2;		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	VINILE ACETATO (MONOMERO)
ICSC: 0347	(C) IPCS, CEC 1999
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FORMALDEIDE

ICSC: 0275



Metanale
Aldeide metilica
Ossido di metilene
H₂CO
Massa molecolare: 30.0
(cylinder)
(cylinder)
(bambola)

ICSC # 0275
CAS # 50-00-0
RTECS # LP8925000

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Estremamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Interrompere l'alimentazione; se non è possibile e non ci sono rischi per l'ambiente circostante lasciare che l'incendio si estingua da solo; negli altri casi spegnere con polvere, anidride carbonica,
ESPLOSIONE	Miscela gas/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti.	In caso di incendio: mantenere fredde le bombole ecc., bagnandole con acqua.
ESPOSIZIONE		EVITARE OGNI CONTATTO!	IN OGNI CASO CONSULTARE UN MEDICO!
• INALAZIONE	Sensazione di bruciore. Tosse. Mal di testa. Nausea. Respiro affannoso.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE		Guanti isolanti dal freddo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Provoca copiosa lacrimazione. Arrossamento. Dolore. Vista offuscata.	Occhiali protettivi a mascherina, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	
Evacuare l'area pericolosa! Consultare un esperto! Ventilazione. Rimuovere tutte le sorgenti di accensione.	A prova di fuoco. Freddo.	R: S:	

Rimuovere il gas con un getto di acqua nebulizzata. NON eliminare in fognatura. Protezione personale: indumento protettivo munito di autorespiratore.

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0275

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FORMALDEIDE

ICSC: 0275

D	STATO FISICO; ASPETTO: GAS, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il gas si miscela bene con aria, si formano facilmente miscele esplosive.	RISCHI PER INALAZIONE: Causa una perdita, può essere raggiunta molto rapidamente una concentrazione dannosa di questo gas in aria.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza polimerizza per riscaldamento. Reagisce con ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è gravemente irritante per gli occhi e è irritante per il tratto respiratorio. L'inalazione può causare edema polmonare (vedi Note).
M	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 0.3 ppm (valore Ceiling); A2; SEN; (ACGIH 2004).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Questa sostanza è cancerogena per l'uomo.
P	MAK: 0.3 ppm, 0.37 mg/m ³ ; sensibilizzazione della cute (S1); Categoria limitazione di picco: i(2); Classe di cancerogenicità: 4; Gruppo mutageno per le cellule germinali: 5; Gruppo di rischio per la gravidanza: C; (DFG 2004).	
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 1.08 Punto di fusione: -92°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua: molto buona
	DATI AMBIENTALI	NOTE
		I sintomi dell'edema polmonare spesso non si manifestano prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica. Si deve prevedere l'immediata somministrazione di una appropriata terapia inalatoria da parte di un medico o personale da lui/lei autorizzato. Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa.
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 0275
		(C) IPCS, CCC 1999
		FORMALDEIDE

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACETALDEIDE

ICSC: 0009



Aldelide acetica
Etanale

Etili aldeide
 C_2H_4O / CH_3CHO

Massa molecolare: 44.1

ICSC # 0009

CAS # 75-07-0

RTECS # AB1925000

INU # 1089

CE # 605-003-00-6



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Estremamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare. NO contatto con superfici calde.	Polvere, schiuma alcool-resistente, acqua in grande quantità, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscelie vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		EVITARE OGNI CONTATTO!	
• INALAZIONE	Tosse.	Ventilazione. Aspirazione localizzata o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento. Dolore.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Diarrea. Vertigine. Nausea. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO

Evacuare l'area pericolosa! Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più

IMMAGAZZINAMENTO

A prova di fuoco. Separato da materiali incompatibili. Vedi Pericoli Chimici. Raffreddato. Mantenere al buio. Immagazzinare solo se stabilizzato.

IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA

Imballaggio infrangibile; posizionare gli imballaggi fragili in contenitori infrangibili chiusi.

Simboli F+

lontano possibile. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON adsorbire con segatura o altri adsorbenti combustibili. Rimuovere il vapore con un getto di acqua nebulizzata. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. Protezione personale: respiratore con filtro per gas e vapori organici.

Simboli Xn

R: 12-36/37-40

S: 2-16-33-36/37

UN Classe di Rischio: 3

UN Gruppo di Imballaggio: I



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0009

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACETALDEIDE

ICSC: 0009

D

A

T

I

I

M

P

O

R

T

A

N

T

I

STATO FISICO; ASPETTO:

GAS O LIQUIDO INCOLORE ,CON ODORE PUNGENTE.

PERICOLI FISICI:

Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.

PERICOLI CHIMICI:

La sostanza al contatto con l'aria può formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare sotto l'influenza di acido(i) e idrossidi alcalini in presenza di metalli in tracce (ferro), con pericolo di incendio o esplosione. La sostanza è un forte agente riducente e reagisce violentemente con ossidanti, acidi forti , alogeni e ammine causando pericolo di incendio e esplosione.

LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE:

TLV: 25 ppm come STEL; (valore Ceiling) A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo); (ACGIH 2003). MAK: 50 ppm, 91 mg/m³; Categoria limitazione di picco: I(1); Classe di cancerogenicità: 3B; Gruppo di rischio per la gravidanza: D; (DFG 2003).

VIE DI ESPOSIZIONE:

La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e per ingestione.

RISCHI PER INALAZIONE:

Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE:

La sostanza è mediamente irritante per gli occhi , la cute e il tratto respiratorio . La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale .

LUNGO TERMINE:

Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul tratto respiratorio , causando lesioni tessutali . E' possibile che questa sostanza sia cancerogena per l'uomo.

PROPRIETA FISICHE

Punto di ebollizione: 20,2°C
Punto di fusione: -123°C
Densità relativa (acqua=1): 0.78
Solubilità in acqua: miscibile
Tensione di vapore, kPa a 20°C: 101
Densità di vapore relativa (aria=1): 1.5

Punto di infiammabilità:

-38°C c.c.
Temperatura di auto-accensione: 185°C
Limiti di esplosività, vol % in aria: 4-60
Coefficiente di ripartizione ottanol/acqua come log Pow: 0.63

DATI AMBIENTALI

La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.

NOTE

In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. Risciacquare abbondantemente con acqua gli abiti contaminati (pericolo d'incendio).

Transport Emergency Card: TEC (R) - 30S1089.
Codice NFPA: H2; F4; R2;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	ACETALDEIDE
ICSC: 0009	<small>(C) IPCS, CEC 1999</small>

NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE: Iné NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPRIONALDEIDE

ICSC: 0550



Aldeide propionica
Metilacetaldeide
Propanale
Propil aldeide

C_3H_6O / CH_3CH_2CHO
Massa molecolare: 58.1

ICSC # 0550
CAS # 123-38-6
RTECS # UE0350000
NU # 1275
CE # 605-018-00-8



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento. Dolore.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciocquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciocquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sensazione di bruciore.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e versato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido restante con sabbia o	A prova di fuoco. Separato da acidi, basi e ossidanti. Freddo. Mantenere al buio. Immagazzinare solo se stabilizzato.	Symbol F Symbol Xi R: 11-36/37/38 S: 2-9-16-29

adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. Protezione personale: respiratore con filtro per gas e vapori organici.

UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparato nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0550

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPRIONALDEIDE

ICSC: 0550

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE PUNGENTE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare sotto l'influenza di acido(i), base(i), ammine e ossidanti con pericolo di incendio o esplosione. La sostanza si decompone per combustione producendo gas tossici e fumi irritanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Il vapore della sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza è gravemente irritante per gli occhi e la cute.
I		
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 20 ppm come TWA; (ACGIH 2003).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.3 Punto di fusione: -81°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua, g/100 ml 20 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 31.3 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.0 Pow: 0.59
	DATI AMBIENTALI	NOTE
		Ricerca i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto.
		Transport Emergency Card: TEC (R) - 30S1275. Codice NFPA: H2; F3; R2;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

CROTONALDEIDE

ICSC: 0241



Propilene aldeide
2-Butenale
beta-Metilacroleina
Metil propenale
 $C_4H_6O / CH_3CH=CHCHO$
Massa molecolare: 70.1

ICSC # 0241
CAS # 4170-30-3
RTECS # GP9499000
NU # 1143
CE # 605-009-00-9



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile. Molte reazioni possono provocare incendi o esplosioni.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare. NO contatto con ossidanti e sostanze incompatibili (vedere Pericoli Chimici).	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua. Combattere l'incendio da una posizione riparata.
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE! RIGOROSA IGIENE!	IN OGNI CASO CONSULTARE UN MEDICO!
• INALAZIONE	Sensazione di bruciore. Tosse. Difficoltà respiratoria. Respiro affannoso. Mal di gola. I sintomi possono presentarsi in ritardo (vedi Note).	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale.
• CUTE	Arrossamento. Sensazione di bruciore. Dolore.	Guanti protettivi. Vestitativo protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Corrosivo. Arrossamento. Dolore. Gravi ustioni profonde.	Visiera, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Dolore addominale. Sensazione di bruciore. Diarrea. Nausea. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro. Lavarsi le mani prima di mangiare.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	

<p>Evacuare l'area pericolosa! Consultare un esperto! Ventilazione. Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON adsorbire con segatura o altri adsorbenti combustibili. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. Tuta di protezione da composti chimici munita di autorespiratore.</p>	<p>A prova di fuoco. Separato da alimenti e mangimi. Vedi Pericoli Chimici. Freddo. Mantenere al buio. Ben chiuso. Immagazzinare solo se stabilizzato.</p>
<p>La tenuta d'aria. Imballaggio infrangibile; posizionare gli imballaggi fragili in contenitori infrangibili chiusi. Non trasportare con alimenti e mangimi. Inquinante per l'ambiente marino.</p>	<p>Simboli F Simboli T+ Simboli N R: 11-24/25-26-37/38-41-48/22-50-68 S: 1/2-26-28-36/37/39-45-61 UN Classe di Rischio: 6.1 UN Sussidi di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: I</p>

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

ICSC: 0241

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

CROTONALDEIDE

ICSC: 0241

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE PUNGENTE. DIVENTA GIALLO PALLIDO PER ESPOSIZIONE ALLA LUCE E ALL'ARIA.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori, attraverso la cute e per ingestione.
A		RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
T		EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Provoca copiosa lacrimazione. Il vapore è gravemente irritante per la cute, il tratto respiratorio, e corrosivo per gli occhi. Inalazione di elevate concentrazioni può causare edema polmonare (vedi Note). Inalazione di elevate concentrazioni può causare morte. E' indicata l'osservazione medica.
I	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
M	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare con pericolo di incendio o esplosione. La sostanza è un forte agente riducente e reagisce violentemente con ossidanti e molte altre sostanze causando pericolo di incendio e esplosione. Attacca la plastica e molte altre sostanze.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 0.3 ppm; (valore Ceiling); (cute); A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo); (ACGIH 2003). MAK: assorbimento cutaneo (H); Classe di cancerogenicità: 3B; (DFG 2002).	
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		
PROPRIETA FISICHE	<p>Punto di ebollizione: 104°C Punto di fusione: (trans) -76.5; (cis) -69°C Densità relativa (acqua=1): 0.85 Solubilità in acqua, g/100 ml 15-18 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 4.0 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.41</p>	<p>Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.06 Punto di infiammabilità: 13°C o.c. Temperatura di auto-accensione: 232.2°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.1-15.5 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.63</p>
DATI	La sostanza è tossica per gli organismi acquatici.	

AMBIENTALI**NOTE**

Il valore limite di esposizione non deve essere superato in alcun momento della esposizione lavorativa. Risciacquare abbondantemente con acqua gli abiti contaminati (pericolo d'incendio). Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati. La crotonaldeide è stabilizzata con acqua. I sintomi dell'edema polmonare spesso non si manifestano prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 61GTF1-1.
Codice NPPA: H4; F3; R2;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0241**CROTONALDEIDE**

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né NIOSH, la CEC o il TPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di parte di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BUTIRRALDEIDE

ICSC: 0403



Butanale
Butil aldeide
 $C_4H_8O / CH_3CH_2CH_2CHO$
Massa molecolare: 72.1

ICSC # 0403
CAS # 123-72-8
RTECS # ES2275000
NU # 1129
CE # 605-006-00-2



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Schiuma, schiuma alcool-resistente, polvere anidra, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosiva. Il riscaldamento può causare un aumento di pressione con rischi di incendio e esplosione.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Sensazione di bruciore. Tosse. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento. Sensazione di bruciore.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sensazione di bruciore.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Sciacquare la bocca. Riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. (Protezione personale straordinaria: tuta di protezione da composti chimici completa di autorespiratore.)	A prova di fuoco. Separato da sostanze incompatibili: vedi Pericoli Chimici. Freddo. Mantenere al buio.	Symbol F R: 11 S: 2-9-29-33 UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: II

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0403

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BUTIRRALDEIDE

ICSC: 0403

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE PUNGENTE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Non può essere fornita alcuna indicazione circa la velocità con cui si raggiunge una contaminazione dannosa nell'aria per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare per forte riscaldamento sotto l'influenza di acidi o alcali. Reagisce con ammine, ossidanti, basi e acidi forti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi la cute ed il tratto respiratorio.
I		
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 2.5 Punto di infiammabilità: -7°C Temperatura di auto-accensione: 230°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.5-12.5 Coefficiente di ripartizione ottanol/acqua come log Pow: 1.18
	DATI AMBIENTALI	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.
		NOTE Ricerca i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati.
		Transport Emergency Card: TEC (R) - 694. Codice NIPPA: H3; F3; R2;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 0403
		(C) IPCS, CEC 1999
		NOTIZIA LEGALE Iné NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

VALERALDEIDE

ICSC: 1417



n-Pentanale
Aldeide amilica
Butil formale
 $C_5H_{10}O / CH_3(CH_2)_3CHO$
Massa molecolare: 86.1

ICSC # 1417
CAS # 110-62-3
RTECS # YV3600000
NU # 2058



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
Altamente infiammabile.		NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
Miscela vapore/aria sono esplosive.		Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo.
• CUTE	Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Nausea. Diarrea. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	
Ventilazione. Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. Rimuovere vapore con un getto di acqua	A prova di fuoco. Ben chiuso. Freddo.	R: S: UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: II	

nebulizzata. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. (Protezione personale: respiratore con filtro per gas e vapori organici.)

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 1417

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

VALERALDEIDE

ICSC: 1417

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore si miscela bene con aria, si formano facilmente miscela esplosive	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare per riscaldamento e sotto l'influenza di acido(i) inorganico(i) e base (i) con pericolo di incendio o esplosione.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio.
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 50 ppm come TWA (ACGIH 2001).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 3 Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.07 Punto di infiammabilità: 12 °C o.c. Temperatura di auto-accensione: 222°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.4-7.2 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 1.31
	DATI AMBIENTALI	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.
		NOTE
		Ricerca i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati.
		Transport Emergency Card: TEC (R) - 30GFI-1+II. Codice NFPA: H1; F3; R0;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 1417
		VALERALDEIDE

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BENZALDEIDE

ICSC: 0102



Olio artificiale di mandorla
Olio artificiale essenziale di mandorla
Aldeide benzolica
Benzenecarbonale
 C_6H_5CHO
Massa molecolare: 106.1



ICSC # 0102
CAS # 100-52-7
RTECS # CU4375000
NU # 1990
CE # 605-012-00-5

TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Combustibile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, spruzzo d'acqua, schiuma, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Oltre 62°C possono formarsi miscele vapore/aria esplosive.	A temperature superiori a 62°C usare un sistema chiuso, ventilazione. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE RIGOROSA IGIENE!	
• INALAZIONE	Convulsioni. Tosse, Vertigine. Mal di testa. Nausea. Mal di gola. Vomito.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo.
• CUTE	Arrossamento.	Guanti protettivi. Vestiario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza o visiera.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Nausea. (Vedi inoltre Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Sciacquare la bocca. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI!). Riposo.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. (Protezione personale straordinaria: filtro A/P2 per vapori organici e polveri)	Separato da materiali incompatibili (vedi Pericoli Chimici). Ben chiuso. Ventilazione lungo il pavimento.		Symbol Xn R: 22 S: 2-24 UN Classe di Rischio: 9 UN Gruppo di Imballaggio: III

(nocive).

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BENZALDEIDE

ICSC: 0102

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE TENDENTE AL GIALLO VISCOSO, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE: Non può essere fornita alcuna indicazione circa la velocità con cui si raggiunge una contaminazione dannosa nell'aria per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può formare perossidi esplosivi sotto specifiche condizioni. Reagisce violentemente con ossidanti, alluminio, ferro, basi e fenolo causando pericolo di incendio ed esplosione. Può auto incendiarsi se assorbito su un materiale combustibile di larga superficie.	
I		
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito. MAK non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. L'esposizione potrebbe provocare attenuazione della vigilanza.
O		EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Contatti ripetuti o prolungati possono causare sensibilizzazione cutanea.
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 3.65 Punto di infiammabilità: 62°C Temperatura di auto-accensione: 190°C Solubilità in acqua, g/100 ml scarsa Tensione di vapore, Pa a 26°C: 130 Pow: 1.48
	DATI AMBIENTALI	La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.
		NOTE
		Punto di congelamento -56°C Non può essere indicata la relazione tra odore e limite di esposizione professionale. Risciacquare abbondantemente con acqua gli abiti contaminati (pericolo d'incendio). Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati.
		Transport Emergency Card: TEC (R) - 675. Codice NFPA: F2; F2; R0;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 0102
		BENZALDEIDE

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACROLEINA

ICSC: 0090



2-Propenale
Acril aldeide
2-Propen-1-ale
CH₂=CHCHO

Massa molecolare: 56.06

ICSC # 0090
CAS # 107-02-8
RTECS # AS1050000
NU # 1092
CE # 605-008-00-3



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare. Vedere Pericoli Chimici.	Schiuma alcool-resistente, polvere anidra, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive. Rischio di incendio ed esplosione quando miscelata con alcali, acidi o forti ossidanti..	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua. Combattere l'incendio da una posizione riparata.
ESPOSIZIONE		RIGOROSA IGIENE!	IN OGNI CASO CONSULTARE UN MEDICO!
• INALAZIONE	Sensazione di bruciore. Tosse. Difficoltà respiratoria. Respiro affannoso. Mal di gola. Nausea. I sintomi possono presentarsi in ritardo (vedi Note).	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento. Dolore. Vesciche. Ustioni cutanee.	Guanti protettivi. Vestitario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore. Gravi ustioni profonde.	Visiera, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sensazione di bruciore in gola e nel petto. Convulsioni. Nausea.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro. Lavarsi le mani prima di mangiare.	Risciacquare la bocca. NON indurre il vomito. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Evacuare l'area pericolosa! Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Consultare un esperto! Raccogliere il		A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, basi forti, acidi forti, alimenti e mangimi. Freddo. Ventilazione lungo il	Imballaggio infrangibile; posizionare gli imballaggi fragili in contenitori infrangibili chiusi. Non trasportare con

liquido che fuoriesce in contenitori coperti. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. Tuta di protezione da composti chimici munita di autorespiratore.

alimenti e mangimi. Inquinante per l'ambiente marino. Simboli F+ Symbols T+ R: 11-25-26-34 S: 1/2-3/9/14-26-36/37/39-38-45 UN Classe di Rischio: 6.1 UN Sussidari di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: I



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0090

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACROLEINA

ICSC: 0090

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE TENDENTE AL GIALLO, CON ODORE PUNGENTE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori, attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può formare perossidi esplosivi. La sostanza può polimerizzare con pericolo di incendio e di esplosione. Si formano fumi tossici per riscaldamento. Reagisce con acidi forti, basi forti e forti ossidanti, causando pericolo di incendio ed esplosione.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Provoca copiosa lacrimazione. La sostanza è gravemente irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Inalazione di questa sostanza ad elevate concentrazioni può causare edema polmonare (vedi Note). Gli effetti possono essere ritardati. E' indicata l'osservazione medica.
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 0.1 ppm (valore Ceiling) (cute) A4 (non classificabile come cancerogeno per l'uomo); (ACGIH 2004). MAK: Classe di cancerogenicità: 3B; (DFG 2004).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.2 Punto di infiammabilità: -26°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 234°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.8-31 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.9
		La sostanza è molto tossica per gli organismi acquatici.
DATI AMBIENTALI		
		NOTE



Il sintomo dell'edema polmonare spesso non si manifesta prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica. Si deve prevedere l'immediata somministrazione di una appropriata terapia inalatoria da parte di un medico o personale da lui/lei autorizzato. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione. Cercare i perossidi prima della distillazione; eliminare qualora riscontrati. La scheda è stata parzialmente aggiornata nell'Ottobre del 2004 e nell'Aprile del 2005. Vedi la sezione: Limiti di Esposizione Occupazionale, Risposta di Emergenza.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 118.
Codice NFPA: H3; F3; R3;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0090

ACROLEINA

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACETONE

ICSC: 0087



2-Propanone
Dimetil chetone
Metil chetone
 C_3H_6O / CH_3COCH_3
Massa molecolare: 58.1



ICSC # 0087
CAS # 67-64-1
RTECS # AL3150000
NU # 1090
CE # 606-001-00-8

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, acqua in grande quantità, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
INALAZIONE	Mal di gola. Tosse. Stato confusionale. Mal di testa. Vertigine. Sonnolenza. Stato d'incoscienza.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
CUTE	Cute secca.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
OCCHI	Irrassamento. Dolore. Vista offuscata. Possibile danno della cornea.	Occhiali di sicurezza, visiera, non portare lenti a contatto.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	Nausea. Vomito. (Vedi inoltre inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Ventilazione. Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. Poi lavare via con acqua abbondante. (Protezione personale straordinaria:	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti.	Symboli F R: 11 S: 2-9-16-23-33 UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: II

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0087

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACETONE

ICSC: 0087

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e attraverso la cute.
A		
T		
I	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C, tuttavia per dispersione molto più velocemente.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può formare perossidi esplosivi al contatto con forti ossidanti quali acido acetico, acido nitrico e perossido di idrogeno. Reagisce con clorofornio e bromofornio in ambiente basico causando pericolo di incendio ed esplosione. Attacca la plastica.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato, sui reni e sul tratto gastrointestinale.
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV 750 ppm; 1780 mg/m ³ (ACGIH 1993-1993).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul sangue e sul midollo osseo.
R		
T		
A		
N		
T		
I		
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 56°C Punto di fusione: -95°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua: miscibile Tensione di vapore, kPa a 20°C: 24 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.0	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.2 Punto di infiammabilità: -18°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 465°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.2-13 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.24
DATI AMBIENTALI		

NOTE

L'uso di bevande alcoliche esalta l'effetto dannoso.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 30.
Codice NFPA: H1; F3; R0;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0087

(C) IPCS, CEC 1999

Nei NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ICSC: 0363

ACIDO ACETICO



Acido acetico glaciale
Acido etanoloico
Acido etilico
Acido metancarbossilico
 $C_2H_4O_2 / CH_3COOH$
Massa molecolare: 60.1

ICSC # 0363

CAS # 64-19-7

RTECS # AF1225000

NU # 2789 (>80%)

CE # 607-002-00-6



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Inflammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Oltre 39°C possono formarsi miscela vapore/aria esplosive.	A temperature superiori a 39°C usare un sistema chiuso, ventilazione e materiale elettrico antideflagrante.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		EVITARE OGNI CONTATTO!	
• INALAZIONE	Mal di gola. Tosse. Sensazione di bruciore. Mal di testa. Vertigine. Respiro affannoso. Difficoltà respiratoria. I sintomi possono presentarsi in ritardo (vedi Note).	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Dolore. Arrossamento. Vesciche. Ustioni cutanee.	Guanti protettivi. Vestiario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore. Gravi ustioni profonde. Perdita della vista.	Visiera, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Dolore addominale. Sensazione di bruciore. Diarrea. Shock o collasso. Mal di gola. Vomito.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. NON indurre il vomito. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido che fuoriesce in		A prova di fuoco. Separato da alimenti e	
		Non trasportare con alimenti e mangimi.	

contenitori sigillabili. Neutralizzare con prudenza il liquido sversato con sodio carbonato, esclusivamente sotto responsabilità di un esperto. Poi lavare via il residuo con acqua abbondante. (Protezione personale: tuta di protezione da composti chimici completa di autorespiratore.)

Nota: B
Simboli C
R: 10-35
S: 1/2-23-26-45
UN Classe di Rischio: 8
UN Sussidiari di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety e la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0363

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACIDO ACETICO

ICSC: 0363

STATO FISICO; ASPETTO:

LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE PUNGENTE.

PERICOLI FISICI:

PERICOLI CHIMICI:

La sostanza è un acido debole. Reagisce violentemente con ossidanti e basi. Attacca molti metalli formando gas infiammabile/esplosivo (idrogeno-vedi ICSC 0001). Attacca alcuni tipi di plastica, gomma e rivestimenti).

LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE:

TLV (come TWA): 10 ppm; 25 mg/m³, come STEL: 15 ppm; 37 mg/m³ (ACGIH 1997).

VIE DI ESPOSIZIONE:

La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.

RISCHI PER INALAZIONE:

Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE

La sostanza, ed il vapore, è corrosiva per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio. Corrosivo per ingestione. Inalazione di vapore può causare edema polmonare (vedi Note). Gli effetti possono essere ritardati. E' indicata l'osservazione medica.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:

Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul tratto gastrointestinale, causando disturbi digestivi, con sensazione di bruciore e costipazione.

PROPRIETA FISICHE

Punto di ebollizione: 118°C
Punto di fusione: 16.7°C
Densità relativa (acqua=1): 1.05
Solubilità in acqua: miscibile
Tensione di vapore, kPa a 20°C: 1.5
Densità di vapore relativa (aria=1): 2.1

Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.02
Punto di infiammabilità: 39°C c.c.
Temperatura di auto-accensione: 427°C
Limiti di esplosività, vol % in aria: 5.4-16
Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.31

DATI AMBIENTALI

La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.



NOTE

I sintomi dell'edema polmonare spesso non si manifestano prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica. Si deve prevedere l'immediata somministrazione di una appropriata

terapia inalatoria da parte di un medico o personale da lui/lei autorizzato. Altro numero UN: UN 2790 Acido acetico soluzione (10-80% acido acetico); UN classe di rischio 8.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 614.
Codice NFPA: H2; F2; R0;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0363

ACIDO ACETICO

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

1,4-DIOSSANO

ICSC: 0041



Diossido di 1,4-dietilene
1,4-Dietilenoossido



Massa molecolare: 88.1

ICSC # 0041

CAS # 123-91-1

RTECS # JG8225000

NU # 1165

CE # 603-024-00-5

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare. NO contatto con forti ossidanti. NO contatto con superfici calde.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive. Rischio di incendio ed esplosione al contatto di materiali incompatibili: vedi Pericoli Chimici.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Prevenire la formazione di cariche elettrostatiche (per es. con messa a terra). NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE	Mal di testa. Nausea. Tosse. Mal di gola. Dolore addominale. Vertigine. Sonnolenza. Vomito. Stato d'incoscienza.	EVITARE OGNI CONTATTO! Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
CUTE	PUO' ESSERE ASSORBITO! Arrossamento.	Guanti protettivi. Vestiario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
OCCHI	Arrossamento. Dolore. Copiosa lacrimazione.	Visiera, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	(Vedi inoltre inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Poi lavare via il residuo		A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, acidi forti. Freddo. Asciutto. Mantenere al buio. Immagazzinare solo	A tenuta d'aria. Symboli F Symbol Xn

con acqua abbondante. Protezione personale: indumento protettivo munito di autorespiratore.

R: 11-19-36/37-40-66
S: 2-9-16-36/37-46
UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

ICSC: 0041

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

1,4-DIOSSANO

ICSC: 0041

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori, e attraverso la cute.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza. Per movimento o agitazione, etc., possono prodursi cariche elettrostatiche.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C; per nebulizzazione molto più velocemente.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può formare perossidi esplosivi	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, sul fegato e sui reni. L'esposizione a elevate concentrazioni di vapore può portare ad uno stato di incoscienza.
M	Reagisce vigorosamente con forti ossidanti e acidi	
P	forti concentrati. Reagisce esplodendo con alcuni catalizzatori (e.g., Raney-nichel superiore a 210°C). Attacca alcune plastiche.	
O		
R	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 20 ppm come TWA (cute) A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo); (ACGIH 2004).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. Questa sostanza è probabilmente cancerogena per l'uomo.
T	MAK: 20 ppm 73 mg/m ³	
A	Categoria limitazione di picco: I(2); assorbimento cutaneo (H);	
N	Classe di cancerogenicità:4; Gruppo di rischio per la gravidanza: D;	
T	(DFG 2004).	
I		
	PROPRIETA FISICHE	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.08 Punto di infiammabilità: 12°C Temperatura di auto-accensione: 180°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2-22.5 Coefficiente di ripartizione ottanol/acqua come log Pow: -0.42
	DATI AMBIENTALI	
		NOTE
		L'uso di bevande alcoliche esalta l'effetto dannoso. In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione. Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati. La scheda è stata parzialmente aggiornata nell'Aprile del 2005. Vedi la sezione: Limiti di Esposizione Occupazionale, Classificazione EU.
		Transport Emergency Card: TEC (R) - 546.

Codice NPPA: H2; F3; R1;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0041

1,4-DIOSSANO

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di parte di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BENZENE

ICSC: 0015



Cicloesatriene
Benzolo
C₆H₆

Massa molecolare: 78.1

ICSC # 0015
CAS # 71-43-2
RTECS # CY1400000
NU # 1114
CE # 601-020-00-8



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	Altamente infiammabile.	RISCHI ACUTI/SINTOMI		PREVENZIONE	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI	Polvere, AFFF, schiuma, anidride carbonica. In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
INCENDIO							
ESPOSIZIONE							
INALAZIONE	Vertigine. Sonnolenza. Mal di testa. Nausea. Respiro affannoso. Convulsioni. Stato d'incoscienza.						
CUTE	PUO' ESSERE ASSORBITO! Cute secca. Arrossamento. Dolore. (Inoltre vedi Inalazione).						
OCCHI	Arrossamento. Dolore.						
INGESTIONE	Dolore addominale. Mal di gola. Vomito. (Inoltre vedi Inalazione).						

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile.	IMMAGAZZINAMENTO	A prova di fuoco. Separato da alimenti e mangimi ossidanti e alogeni.	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	Non trasportare con alimenti e mangimi. Nota: E Symboli F Symboli T
-----------------------------------	---	-------------------------	---	--	--

Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. Protezione personale: indumento protettivo munito di autorespiratore.

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

R: 45-11-48/23/24/25
S: 53-45
UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

BENZENE

ICSC: 0015

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione, attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza. Per movimento o agitazione, etc., possono prodursi cariche elettrostatiche.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
M	PERICOLI CHIMICI: Reagisce violentemente con ossidanti, acido nitrico, acido solforico e alogeni causando pericolo di incendio e esplosione. Attacca plastica e gomma.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. Se il liquido viene ingerito, l'aspirazione nei polmoni può portare a polmonite chimica. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando attenuazione della vigilanza. L'esposizione molto superiore al limite di esposizione professionale può portare ad uno stato di incoscienza e morte.
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 0.5 ppm come TWA; 2.5 ppm come STEL; (cute); A1 (cancerogeno riconosciuto per l'uomo); IBE pubblicato; (ACGIH 2003).	
R	Mak: assorbimento cutaneo (H); Classe di cancerogenicità: 1; Gruppo mutageno per le cellule germinali: 3A; (DFG 2002).	
T		
A		
N		
T		
I		

PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 80°C Punto di fusione: 6°C Densità relativa (acqua=1): 0.88 Solubilità in acqua, g/100ml a 25°C: 0.18 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 10 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.7	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.2 Punto di infiammabilità: -11°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 498°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.2-8.0 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 2.13
--------------------------	--	--

DATI AMBIENTALI	La sostanza è molto tossica per gli organismi acquatici.	
------------------------	--	--

NOTE	L'uso di bevande alcoliche esalta l'effetto dannoso. In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione. Transport Emergency Card: TEC (R) - 3051114/30GF1-II. Codice NFPA: H2; F3; R0;
-------------	---

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

TOLUENE

ICSC: 0078



Metilbenzene
Toluolo
Fenilmetano
 $C_6H_5CH_3 / C_7H_8$
Massa molecolare: 92.1

ICSC # 0078
CAS # 108-88-3
RTECS # XS250000
NU # 1294
CE # 601-021-00-3



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, AFFF, schiuma, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscelè vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Prevenire la formazione di cariche elettrostatiche (per es. con messa a terra). NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		RIGOROSA IGIENE! EVITARE L'ESPOSIZIONE DI DONNE IN GRAVIDANZA!	
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola. Vertigine. Sonnolenza. Mal di testa. Nausea. Stato d'incoscienza.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Cute secca. Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina,	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Sensazione di bruciore. Dolore addominale. (Vedi inoltre Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. NON indurre il vomito. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
In presenza di un grosso sversamento: Evacuare l'area pericolosa! In presenza		A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti.	Simboli F

di un grosso sversamento: Consultare un esperto! Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Ventilazione. Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. In presenza di un grosso sversamento: (protezione personale straordinaria: autorespiratore.)

Simboli Xn
R: 11-20
S: 2-16-25-29-33
UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0078

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

TOLUENE

ICSC: 0078

D
A
T
I
I
M
P
O
R
T
A
N
T
I

STATO FISICO; ASPETTO:
LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.

PERICOLI FISICI:
Il vapore si miscela bene con aria, si formano facilmente miscele esplosive. Per movimento o agitazione, etc., possono prodursi cariche elettrostatiche.

PERICOLI CHIMICI:
Reagisce violentemente con forti ossidanti causando pericolo di incendio ed esplosione.

LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE:
TLV: 50 ppm come TWA; (cute); A4 (non classificabile come cancerogeno per l'uomo); (ACGIH 2002).

VIE DI ESPOSIZIONE:
La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione attraverso la cute e per ingestione.

RISCHI PER INALAZIONE:
Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE:
La sostanza e' irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. Se il liquido viene ingerito, l'aspirazione nei polmoni può portare a polmonite chimica. L'esposizione ad elevate concentrazioni può portare a aritmia cardiaca esteso di incoscienza.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso centrale. L'esposizione alla sostanza può aumentare il danno all'udito causato dall'esposizione al rumore. Test su animali indicano la possibilità che questa sostanza possa causare tossicità per la riproduzione o lo sviluppo umano.

PROPRIETA FISICHE

Punto di ebollizione: 111°C
Punto di fusione: -95°C
Densità relativa (acqua=1): 0.87
Solubilità in acqua: insolubile
Tensione di vapore, kPa a 25°C: 3.8
Densità di vapore relativa (aria=1): 3.1
Temperatura critica (NOT sulla scheda): 605°C

DATI AMBIENTALI

Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.01
Punto di infiammabilità: 4°C c.c.
Temperatura di auto-accensione: 480°C
Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.1-7.1
Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 2.69

NOTE

La sostanza è tossica per gli organismi acquatici.
In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. L'uso di bevande alcoliche esalta l'effetto dannoso.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 3051294.
Codice NFPA: H2; F3; R0;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0078

TOLUENE

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FORMIATO DI METILE

ICSC: 0664



Acido formico metil estere
Metil metanoato
 $C_2H_4O_2 / HCOOCH_3$
Massa molecolare: 60.1

ICSC # 0664
CAS # 107-31-3
RTECS # LQ8925000
NIJ # 1243
CE # 607-014-00-1



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Estremamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Prevenire la formazione di cariche elettrostatiche (per es. con messa a terra). NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse, Vertigine, Torpore. Mal di testa. Difficoltà respiratoria. Respiro affannoso. Stato d'incoscienza.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	(Vedi inoltre Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Somministrare carbone attivo in acqua. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI). Riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO			
IMMAGAZZINAMENTO			
IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA			

Evacuare l'area pericolosa! Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. (Protezione personale straordinaria: autorespiratore.)

A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti. Freddo.



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

ICSC: 0664
Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FORMIATO DI METILE

ICSC: 0664

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza. Il vapore si miscela bene con aria, si formano facilmente miscele esplosive	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: Reagisce vigorosamente con ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e la cute. Il vapore è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. E' indicata l'osservazione medica.
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 100 ppm; 246 mg/m ³ ; STEL 150 ppm (ACGIH 1996).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		
	PROPRIETA FISICHE	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.7 Punto di infiammabilità: -19°C Temperatura di auto-accensione: 449°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 5-23 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.21
	DATI AMBIENTALI	
		NOTE
	L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.	
	Transport Emergency Card: TEC (R) - 536. Codice NFPA: H2; F4; R0;	

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FURANO

ICSC: 1257



Furfurano
Ossido di divinilene
Ossaciclopentadiene
C₄H₄O
Massa molecolare: 68.1



ICSC # 1257
CAS # 110-00-9
RTECS # LT8524000
NU # 2389

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Estremamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI AEROSOLS!	
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE	Arrossamento.		Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una goccia.
• OCCHI		Occhiali di sicurezza.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente) poi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Ventilazione. Raccogliere il liquido sparso in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. (Protezione	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, acidi. Freddo. Ben chiuso. Immagazzinare solo se stabilizzato.	A. tenuta d'aria. R: S: UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: 1

personale straordinario:
(autorespiratore).

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 1257

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

FURANO

ICSC: 1257

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE CHIARO, CHE VIRA AL MARRONE STANDO A RIPOSO, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per inalazione dei suoi aerosol, e attraverso la cute.
A		
T		
I	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può generare perossidi esplosivi al contatto con aria. Reagisce violentemente con ossidanti e acidi causando pericolo di incendio ed esplosione. Rischio di incendio sotto esposizione al caldo o alle fiamme.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Il vapore è irritante per il tratto respiratorio. Inalazione di vapore può causare edema polmonare (vedi Note).
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
R		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità di vapore relativa (aria=1): 2.3 Punto di infiammabilità:-35°C Limiti di esplosione, vol % in aria: 2.3-14.3 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 1.34
	DATI AMBIENTALI	NOTE
		I sintomi dell'edema polmonare spesso non si manifestano prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica. Si deve prevedere l'immediata somministrazione di una appropriata terapia inalatoria da parte di un medico o personale da lui/lei autorizzato. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati.
		Transport Emergency Card: TEC (r) - 30G30, Codice NFPA: H 1; F 4; R 1; .
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
		VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO
		ICSC: 1257
		(C) IPCS, CEC 1999
		FURANO

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL ETIL CHETONE

ICSC: 0179



Etili metil chetone
2-Butanone
MEK
Metil acetone
 $C_4H_8O / CH_3COCH_2CH_3$
Massa molecolare: 72.1

ICSC # 0179
CAS # 78-93-3
RTECS # EL6475000
NU # 1193
CE # 606-002-00-3

TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Alimentare infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, AFFF, schiuma, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
• INALAZIONE	Tosse. Vertigine. Sonnolenza. Mal di testa. Nausea. Vomito.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
• CUTE		Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Stato d'incoscienza. (Vedi inoltre Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, acidi forti. Freddo. Ben chiuso.	Symbol F Symbol Xi R: 11-36/37

e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. (Protezione personale straordinaria: autorespiratore.)

S: 2-9-16-25-33
UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0179

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL ETIL CHETONE

ICSC: 0179

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: Reagisce violentemente con ossidanti forti e acidi inorganici causando pericolo di incendio ed esplosione. Attacca alcune plastiche.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione molto superiore all'OEEL può portare ad uno stato di incoscienza.
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV (come TWA): 200 ppm; 590 mg/m ³ ; come STEL: 300 ppm; 865 mg/m ³ (ACGIH 1997). MAK: 200 ppm; 590 mg/m ³ ; D (1992)	
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		

PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 80°C Punto di fusione: -86°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua, g/100ml a 20°C: 29 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 10.5 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.41	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.1 Punto di infiammabilità: -9°C (c.c.) Temperatura di auto-accensione: 505°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.8-11.5 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.29
--------------------------	--	--

DATI AMBIENTALI	NOTE
L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.	
Transport Emergency Card: TEC (R) - 88. Codice NIPPA: H1; F3; R0;	

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI
--	-----------------------------------

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METACRILALDEIDE

ICSC: 1259



2-Metil-2-propenale
Isobutenale
Metacroleina
 $C_4H_6O / CH_2=C(CH_3)CHO$
Massa molecolare: 70.1

ICSC # 1259
CAS # 78-85-3
RTECS # OZ2625000
NU # 2396



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare. Utilizzare utensileria manuale anti-inesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		PREVENIRE LA FORMAZIONE DI AEROSOLSI	
• INALAZIONE	Tosse. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo.
• CUTE	ASSORBIMENTO: Arrossamento. Dolore.	Guanti protettivi. Vestiario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciogliere la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciogliere con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile fatto agevolmente) poi contattare un medico.
• INGESTIONE		Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI). Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	Raccogliere il liquido sparso in contenitori sigillabili. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
		A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, acidi basi, alimenti e mangimi. Raffreddato. Tenere al buio. Ben chiuso.	Imballaggio infrangibile; posizionare gli imballaggi fragili in contenitori infrangibili chiusi. Non trasportare con

le spostare in un posto sicuro. Protezione personale: Indumento protettivo munito di autorespiratore.

Tenere sotto gas inerte. Immagazzinare solo se stabilizzato.

R:
S:
UN Classe di Rischio: 3
UN Sussidiari di Rischio: 6.1
UN Gruppo di Imballaggio: II

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 1259

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METACRILALDEIDE

ICSC: 1259

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può polimerizzare per riscaldamento o sotto l'influenza di luce, acidi e basi con rischio di incendio o esplosione. Reagisce violentemente con alcali, ammine, acidi forti e perossidi.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio.
M		
P	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV non definito.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
O		
R		
T		
A		
N		
T		
I		
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 68°C Punto di fusione: -81°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua, g/100ml a 20°C: 6 Tensione di vapore, kPa a 20°C: 16	Densità di vapore relativa (aria=1): 2.42 Punto di infiammabilità: -15°C Temperatura di auto-accensione: 295°C Limiti di esplosione, vol % in aria: 2.6-?
DATI AMBIENTALI	NOTE	
Gli effetti sull'uomo da esposizione alla sostanza non sono stati indagati. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati.		
Transport Emergency Card: TEC (r) - 30G32. Codice NFPA: H 3; F 3; R 2; .		
INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI		
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO		

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ICSC: 0044

ETANOLO (ANIDRO)



Alcool etilico
 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$
 Massa molecolare: 46.1

ICSC # 0044
 CAS # 64-17-5
 RTECS # KO6300000
 NU # 1170
 CE # 603-002-00-5



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare. NO contatto con forti ossidanti.	Polvere, schiuma alcool-resistente, acqua in grande quantità, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. NON utilizzare aria compressa per riempire, versare o trattare.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE	Tosse. Mal di testa. Stanchezza. Sonnolenza.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo.
CUTE	Cute secca.	Guanti protettivi.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare e poi lavare la cute con acqua e sapone.
OCCHI	Arrossamento. Dolore. Bruciatura.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	Sensazione di bruciore. Mal di testa. Confusione. Vertigine. Stato d'incoscienza.	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Ventilazione. Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Poi lavare via il residuo con acqua abbondante.	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti.	Symbol F R: 11 S: 2-7-16 UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: II

ICSC: 0044

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ETANOLO (ANIDRO)

ICSC: 0044

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore si miscela bene con aria, si formano facilmente miscele esplosive	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria sarà raggiunta abbastanza lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: Reagisce lentamente con ipoclorito di calcio, ossido d'argento e ammoniaca causando pericolo di incendio e esplosione. Reagisce violentemente con forti ossidanti quali l'acido nitrico, il nitrato d'argento, il nitrato di mercurio o il perclorato di magnesio, causando pericolo di incendio ed esplosione.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi. Inalazione di alte concentrazioni di vapore può causare irritazione degli occhi e del tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 1000 ppm come TWA A4 (non classificabile come cancerogeno per l'uomo); (ACGIH 2004). MAK: 500 ppm 960 mg/m ³ Categoria limitazione di picco: II(2); Classe di cancerogenicità: 5; Gruppo di rischio per la gravidanza: C; Gruppo mutageno per le cellule germinali: 5; (DFG 2004).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. La sostanza può avere effetto sull'alto tratto respiratorio e il sistema nervoso centrale, causando irritazione, mal di testa, stanchezza e mancanza di concentrazione. Vedere Note.

PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 79°C Punto di fusione: -117°C Densità relativa (acqua=1): 0.8 Solubilità in acqua: Tensione di vapore, kPa a 20°C: 5.8	Densità di vapore relativa (aria=1): 1.6 Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.03 Punto di infiammabilità: 13°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 363°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 3.3-19 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: -0.32
--------------------------	--	--

DATI AMBIENTALI	NOTE
------------------------	-------------

Il consumo di etanolo, durante la gravidanza, può avere effetti avversi sul bambino non ancora nato. Ingestione cronica di etanolo può causare cirrosi epatica. Il punto di infiammabilità di una soluzione acquosa al 50% è di 24°C. La scheda è stata parzialmente aggiornata nell'Aprile del 2005. Vedi la sezione: Limiti di Esposizione Occupazionale.
 Transport Emergency Card: TEC (R) - 32.
 Codice NFPA: H0; F3; R0;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	
VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	
ICSC: 0044	ETANOLO (ANIDRO)

(C) IPCS, CEC 1999

INÉ NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

NITROMETANO

ICSC: 0522



Nitrocarbolo
CH₃NO₂
Massa molecolare: 61,04

ICSC # 0522
CAS # 75-52-5
RTECS # PA9800000
NU # 1261
CE # 609-036-00-7



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Inflammabile. Nella combustione libera fumi (o gas) tossici o irritanti.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive. Rischio di incendio ed esplosione a contatto con materiali incompatibili (vedi Pericoli Chimici e Note).	A temperature superiori a 35°C usare un sistema chiuso, ventilazione e materiale elettrico antideflagrante. NON esporre ad urto.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua. Combattere l'incendio da una posizione riparata.
ESPOSIZIONE	PREVENIRE LA FORMAZIONE DI NEBBIE!		
• INALAZIONE	Tosse. Sonnolenza. Mal di testa. Nausea. Mal di gola. Stato d'incoscienza. Vomito.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico. Vedi Note.
• CUTE	Cute secca. Arrossamento.	Guanti protettivi.	Sciquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
• OCCHI	Arrossamento.	Occhiali protettivi a mascherina.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	(Vedi Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO
Evacuare l'area pericolosa! Consultare un esperto! Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON adsorbire con segatura o

IMMAGAZZINAMENTO
A prova di fuoco. Separato da materiali non compatibili (vedi Pericoli Chimici e Note).

IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Symbol Xn
R: 5-10-22
S: 2-41
UN Classe di Rischio: 3
UN Gruppo di Imballaggio: II



altri adsorbenti combustibili. (Protezione personale straordinaria: respiratore con filtro A/P2 per vapori organici e polveri nocive.)

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0522

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

NITROMETANO

ICSC: 0522

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO VISCOSO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: Può decomporsi in modo esplosivo per urto, attrito o scuotimento. Può esplodere per riscaldamento. La sostanza si decompone per combustione producendo ossidi di azoto. Reagisce con alcali. Reagisce violentemente con forti ossidanti ed agenti fortemente riducenti causando pericolo di incendio ed esplosione. Forma miscela sensibili agli urti con le ammine.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi la cute ed il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando depressione nervosa.
M		
P		
O		
R	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 20 ppm; 50 mg/m ³ (ACGIH 1996).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Contatti ripetuti o prolungati con la cute possono causare dermatiti. La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso periferico, sui reni e sul fegato, causando alterazioni delle funzioni.
T		
A		
N		
T		
I		

PROPRIETA FISICHE

Punto di ebollizione: 101°C
Punto di fusione: -29°C
Densità relativa (acqua=1): 1.14
Tensione di vapore, kPa a 20°C: 3.7
Densità di vapore relativa (aria=1): 2.1
Punto di infiammabilità: 35°C c.c.
Temperatura di auto-accensione: 417°C
Limiti di esplosività, vol % in aria: 7.3-63

DATI AMBIENTALI

NOTE

Risulterà sensibile agli urti se contaminato con acidi, basi, ossidi metallici, idrocarburi e altri materiali combustibili. La combustione in uno spazio confinato può trasformarsi in detonazione. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 898.
Codice NFPA: H1; F3; R3;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0522

NITROMETANO

(C) IPCS, CEC 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACRILONITRILE

ICSC: 0092



Cianoetilene
2-Propenenitrile
Vinil cianuro
 $C_3H_3N / CH_2=CHCN$
Massa molecolare: 53.1

ICSC # 0092
CAS # 107-13-1
RTECS # AT5250000
NU # 1093
CE # 608-003-00-4



TIPO DI RISCHIO/ ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/ SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/ MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile. Nella combustione libera fumi (o gas) tossici o irritanti.	NO fiamme libere, NO schiume e NON fumare. NO contatto con basi forti e acidi forti.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive. Rischio di incendio ed esplosione a contatto con base(i) forti e acido(i) forti.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		EVITARE OGNI CONTATTO!	IN OGNI CASO CONSULTARE UN MEDICO!
• INALAZIONE	Vertigine. Mal di testa. Nausea. Respiro affannoso. Vomito. Debolezza. Convulsioni. Oppressione al petto.	Sistema chiuso e ventilazione.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico. Vedi Note.
• CUTE	PUO' ESSERE ASSORBITO! Arrossamento. Dolore. Vesciche. (Vedi inoltre Inalazione).	Guanti protettivi. Vestitiario protettivo.	Prima sciacquare con abbondante acqua, poi rimuovere i vestiti contaminati e sciacquare ancora. Sottoporre all'attenzione del medico.
• OCCHI	Arrossamento. Dolore.	Occhiali protettivi a mascherina, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
• INGESTIONE	Dolore addominale. Vomito. (Vedi inoltre Inalazione).	NON mangiare, bere o fumare durante il lavoro. Lavarsi le mani prima di mangiare.	Risciacquare la bocca. Somministrare carbone attivo in acqua. Indurre il vomito (SOLO A PERSONE COSCIENTI). Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO			
IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA		IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA	
Evacuare l'area pericolosa! Consultare		A prova di fuoco. Separato da ossidanti	
		Imballaggio infrangibile; posizionare gli	

un esperto! Ventilazione. Raccogliere il liquido che fuoriesce in contenitori coperti. Assorbire il liquido restante con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. NON permettere che questo agente chimico contamini l'ambiente. Tuta di protezione da composti chimici munita di autorispiratore.

forti, basi forti, alimenti e mangimi. Freddo. Mantenere al buio. Ventilazione lungo il pavimento. Immagazzinare solo se stabilizzato.

Nota: D e E
Simboli F
Simboli N
R: 45-11-23/24/25-37/38-41-43-51/53
S: 9-16-53-45-61
UN Classe di Rischio: 3
UN Sussidiari di Rischio: 6.1
UN Gruppo di Imballaggio: I



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0092

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

ACRILONITRILE

ICSC: 0092

D

A

T

I

I

M

P

O

R

T

A

N

T

I

STATO FISICO; ASPETTO:
LIQUIDO INCOLORE O GIALLO PALLIDO, CON ODORE PUNGENTE.

PERICOLI FISICI:
Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.

PERICOLI CHIMICI:
La sostanza polimerizza per forte riscaldamento o sotto l'influenza di luce e base (I), che causa pericolo di incendio e esplosione. La sostanza si decompone per forte riscaldamento producendo fumi tossici contenenti acido cianidrico, ossidi di azoto. Reagisce violentemente con acidi forti, e forti ossidanti. Attacca plastica e gomma.

LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE:
TLV: 2 ppm come TWA (cute) A3 (cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo); (ACGIH 2004).
MAK: assorbimento cutaneo (H); sensibilizzazione della cute (SH);
Classe di cancerogenicità: 2; (DFG 2004).

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE:
Contatti ripetuti o prolungati possono causare sensibilizzazione cutanea. La sostanza può avere effetto sul sistema nervoso centrale e il fegato. E' possibile che questa sostanza sia cancerogena per l'uomo.

EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE:
La sostanza e il vapore e' irritante per gli occhi, la cute e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale. L'esposizione molto superiore all'OEL può portare alla morte. Gli effetti possono essere ritardati. Vedi Note. E' indicata l'osservazione medica.

Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.05
Punto di infiammabilità: -1°C c.c.
Temperatura di auto-accensione: 481°C
Limiti di esplosività, vol % in aria: 3.0-17.0
Coefficiente di ripartizione ottanolio/acqua come log Pow: 0.25

PROPRIETA FISICHE

La sostanza è nociva per gli organismi acquatici.

DATI



AMBIENTALI

NOTE

In funzione del grado di esposizione, sono indicati esami clinici periodici. L'esposizione alla sostanza può causare la formazione di cianuro. Vedi inoltre ICSC sui sali di cianuro, quale la 0671. In caso di avvelenamento con questa sostanza è necessario uno specifico trattamento; devono essere disponibili mezzi opportuni e relative istruzioni. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione. Risciacquare abbondantemente con acque gli abiti contaminati (pericolo d'incendio). La scheda è stata parzialmente aggiornata nell'Aprile del 2005. Vedi la sezione: Limiti di Esposizione Occupazionale.

Transport Emergency Card: TEC (R) - 61.
Codice NPPA: H4; F3; R2;

INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO

ICSC: 0092

ACRILONITRILE

(C) IPCS, CEC 1999

**NOTIZIA
LEGALE
IMPORTANTE:**

Né MIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di pari di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità delle schede con la legislazione relativa nel paese di uso.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL VINIL CHETONE

ICSC: 1495



3-Buten-2-one
Metilene acetone
 C_4H_6O
Massa molecolare: 70.1

ICSC # 1495
CAS # 78-94-4
RTECS # EM9800000
NU # 1251



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianti di illuminazione antideflagranti.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE		RIGOROSA IGIENE!	
INALAZIONE	Sensazione di bruciore. Tosse. Mal di gola. Respiro affannoso. Difficoltà respiratoria. Mal di testa. Vertigine. Tremore. I sintomi possono presentarsi in ritardo (vedi Note).	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
CUTE	PUO' ESSERE ASSORBITO! Arrossamento. Dolore. Ustioni cutanee. (Inoltre vedi Inalazione).	Guanti protettivi. Vestiario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
OCCHI	Provoca copiosa lacrimazione. Arrossamento. Dolore. Gravi ustioni profonde.	Visiera, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	Sensazione di bruciore. Dolore addominale. Shock o collasso. (Inoltre vedi Inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro. Lavarsi le mani prima di mangiare.	Risciacquare la bocca. NON indurre il vomito. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Rimuovere tutte le sorgenti di accensione. Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido restante con sabbia o	A prova di fuoco. Freddo. Mantenere al buio. Separato da agenti forti riducenti, ossidanti forti, e basi forti. Immagazzinare solo se stabilizzato.	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
		R: S: UN Classe di Rischio: 6.1 UN Sussidari di Rischio: 3 and 8

adsorbente. Inerte e spostare in un posto sicuro. Protezione personale: tuta di protezione da composti chimici imunita di autorespiratore.

UN Gruppo di Imballaggio: I

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 1495

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL VINIL CHETONE

ICSC: 1495

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, TENDENTE AL GIALLO, CON ODORE PUNGENTE.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione, attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza. I vapori non sono stabilizzati e possono formare polimeri e bloccare gli sfiati.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta molto rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I		
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza polimerizza sotto l'influenza di perossidi, calore, luce e ossidanti. Reagisce con basi forti, forti agenti riducenti e forti ossidanti.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: Provoca copiosa lacrimazione. La sostanza è corrosiva per gli occhi e la cute. Corrosivo per ingestione. Il vapore è gravemente irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. Inalazione della sostanza può causare edema polmonare (vedi Note). La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale.
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 0.2 ppm (valore Ceiling); (cute); SEN; (ACGIH 2003). MAK;	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Contatti ripetuti o prolungati possono causare sensibilizzazione cutanea.
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	DATI AMBIENTALI
	Punto di ebollizione: 81°C Punto di fusione: -7°C Densità relativa (acqua=1): 0.86 Solubilità in acqua: buona Tensione di vapore, kPa a 25°C: 11 Densità di vapore relativa (aria=1): 2.4	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.1 Punto di infiammabilità: -7°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 491°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 2.1-15.6 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.117 (valutato)
		NOTE
		I sintomi dell'edema polmonare spesso non si manifestano prima di alcune ore e sono aggravati dallo sforzo fisico. Sono pertanto essenziali il riposo e l'osservazione medica. L'aggiunta di uno stabilizzante o inibitore può modificare le proprietà tossicologiche della sostanza, consultare un esperto. NON portare a casa abiti da lavoro. La scheda è stata parzialmente aggiornata nell'Aprile del 2005. Vedi la sezione: Limiti di Esposizione Occupazionale. Transport Emergency Card: TEC (R) - 61S1251. Codice NFPA: H4; F3; R2;
		INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL ACETATO

ICSC: 0507



Metil estere dell'acido acetico
 $C_3H_6O_2$ / CH_3COOCH_3
 Massa molecolare: 74.1

ICSC # 0507
 CAS # 79-20-9
 RTECS # A19100000
 NU # 1231
 CE # 607-021-00-X



TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Altamente infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, AFFF, schiuma, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Miscela vapore/aria sono esplosive.	Sistemi chiusi, ventilazione, materiale elettrico e impianto di illuminazione antideflagranti. Utilizzare utensileria manuale anti innesco.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
INALAZIONE	Tosse, Sonnolenza, Torpore, Mal di testa, Difficoltà respiratoria, Mal di gola. Stato d'incoscienza. I sintomi possono presentarsi in ritardo (vedi Note).	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Posizione semi eretta. Può essere necessaria la respirazione artificiale. Sottoporre all'attenzione del medico.
CUTE	Cute secca. Arrossamento. Ruvidezza.	Guanti protettivi. Vestitario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia. Sottoporre all'attenzione del medico.
OCCHI	Arrossamento. Dolore. Vista offuscata.	Occhiali protettivi a mascherina, o protezione oculare abbinata a protezione delle vie respiratorie.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	Dolore addominale. Nausea. Vomito. Debolezza. (Inoltre vedi inalazione).	Non mangiare, bere o fumare durante il lavoro.	Risciacquare la bocca. Dare abbondante acqua da bere. Sottoporre all'attenzione del medico.

RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO	IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Assorbire il liquido resistente con sabbia o adsorbente inerte e spostare in un posto sicuro. NON eliminare in fognatura. Protezione	A prova di fuoco. Separato da ossidanti forti, acidi. Freddo. Mantenere al buio. Ben chiuso.	Nota: 6 Simboli F Simboli Xi R: 11-36-66-67 S: 2-16-26-29-33

personale: autorespiratore.

UN Classe di Rischio: 3
 UN Gruppo di Imballaggio: II



INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparata nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

ICSC: 0507

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

METIL ACETATO

ICSC: 0507

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE, CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori.
A		
T	PERICOLI FISICI: Il vapore è più pesante dell'aria e può spostarsi lungo il suolo; è possibile una accensione a distanza.	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria può essere raggiunta assai rapidamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza si decompone per forte riscaldamento sotto l'influenza di aria, basi, forti ossidanti, luce ultravioletta, che causa pericolo di incendio e esplosione. La sostanza è un forte agente riducente e reagisce con ossidanti. In presenza di acqua attacca molti metalli. Attacca la plastica.	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza è irritante per gli occhi e il tratto respiratorio. La sostanza può determinare effetti sul sistema nervoso centrale, causando attenuazione della vigilanza. L'esposizione molto superiore all'OEL può portare alla morte.
M		
P		
O	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV: 200 ppm come TWA; 250 ppm come STEL; (ACGIH 2004). MAK: 100 ppm, 310 mg/m ³ ; Categoria limitazione di picco: I(4); Gruppo di rischio per la gravidanza: C; (DFG 2005).	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute. La sostanza può avere effetto sul nervo ottico, causando alterazione della visione.
R		
T		
A		
N		
T		
I	PROPRIETA FISICHE	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.3 Punto di infiammabilità: -13°C c.c. Temperatura di auto-accensione: 455°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 3.1-16 Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua come log Pow: 0.18
	DATI AMBIENTALI	
	NOTE	
	I sintomi di danno al nervo ottico non si manifestano prima di alcune ore. In caso di avvelenamento con questa sostanza è necessario uno specifico trattamento; devono essere disponibili mezzi opportuni e relative istruzioni. L'odore è un avvertimento insufficiente di superamento del limite d'esposizione. Devotoni, Teretoni sono nomi commerciali. La scheda è stata parzialmente aggiornata in Ottobre 2004 e in Ottobre 2005. Vedi le sezioni: Limiti di Esposizione Occupazionale, classificazione EU, Risposta di Emergenza.	
	Transport Emergency Card: TEC (R) - 3051231. Codice NFPA: H1; F3; R0;	

Material Safety Data Sheet

1,3-Dioxolane

ACC# 95326

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

MSDS Name: 1,3-Dioxolane
Catalog Numbers: AC180190025, AC180195000, AC219650500, AC299480010, AC299480025, AC299480500
AC299480500

Synonyms: 1,3-Dioxacyclopentane; Ethylene glycol formal; Formal glycol; Glycolformal; Glycol methylene ether; a cyclic acetal.

Company Identification:

Acros Organics N.V.
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410

For information in North America, call: 800-ACROS-01

For emergencies in the US, call CHEMTREC: 800-424-9300

Section 2 - Composition, Information on Ingredients

CAS#	Chemical Name	Percent	EINECS/ELINCS
646-06-0	1,3-Dioxolane	99	211-463-5

Section 3 - Hazards Identification

EMERGENCY OVERVIEW

Appearance: clear, colorless liquid. Flash Point: -6 deg C.

Warning! Flammable liquid and vapor. Causes eye, skin, and respiratory tract irritation. May cause blood abnormalities.

Target Organs: Blood, respiratory system, eyes, skin.

Potential Health Effects

Eye: Causes eye irritation. Vapors cause eye irritation. Dioxolane rated 8 on rabbit eyes /on a scale of 1 to 10 with 10 being the most severe. (HSDB)

Skin: Causes skin irritation.

Ingestion: Causes gastrointestinal irritation with nausea, vomiting and diarrhea. Ingestion of large doses has caused decreased body weight gain, increased absolute and relative liver weights, increased white blood count, discoloration of the liver, enlarged and dark spleens in animals.

Inhalation: Causes respiratory tract irritation. May cause effects similar to those described for ingestion.

Vapors may cause dizziness or suffocation.

Chronic: May cause anemia and other blood cell abnormalities. The ACGIH TLV is derived from a 13-week no-observed-adverse-effect level of 300 ppm for reduced white blood cell counts in rats.

Section 4 - First Aid Measures

Eyes: Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical aid.

Skin: Get medical aid. Flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Wash clothing before reuse.

Ingestion: Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical aid. Do NOT induce vomiting. If conscious and alert, rinse mouth and drink 2-4 cupsfuls of milk or water.

Inhalation: Remove from exposure and move to fresh air immediately. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical aid.

Notes to Physician: Treat symptomatically and supportively.

Section 5 - Fire Fighting Measures

General Information: As in any fire, wear a self-contained breathing apparatus in pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent), and full protective gear. Vapors may form an explosive mixture with air. During a fire, irritating and highly toxic gases may be generated by thermal decomposition or combustion. Use water spray to keep fire-exposed containers cool. Flammable liquid and vapor. Containers may explode if exposed to fire. Vapors are heavier than air and may travel to a source of ignition and flash back. Vapors can spread along the ground and collect in low or confined areas.

Extinguishing Media: For small fires, use dry chemical, carbon dioxide, water spray or alcohol-resistant foam. Water may be ineffective. Water may spread fire. If water is the only media available, use in flooding amounts. For large fires, use water spray, fog or alcohol-resistant foam. Do NOT use straight streams of water. Cool containers with flooding quantities of water until well after fire is out.

Flash Point: -6 deg C (21.20 deg F)

Autoignition Temperature: 274 deg C (525.20 deg F)

Explosion Limits, Lower:2.1%

Upper: 20.5%

NFPA Rating: (estimated) Health: 1; Flammability: 3; Instability: 2

Section 6 - Accidental Release Measures

General Information: Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

Spills/Leaks: Absorb spill with inert material (e.g. vermiculite, sand or earth), then place in suitable container. Avoid runoff into storm sewers and ditches which lead to waterways. Clean up spills immediately, observing precautions in the Protective Equipment section. Scoop up with a nonsparking tool, then place into a suitable container for disposal. Remove all sources of ignition. Provide ventilation.

Section 7 - Handling and Storage

Handling: Ground and bond containers when transferring material. Use spark-proof tools and explosion proof equipment. Avoid breathing dust, vapor, mist, or gas. Avoid contact with eyes, skin, and clothing. Empty containers retain product residue, (liquid and/or vapor), and can be dangerous. Keep container tightly closed. Keep away from heat, sparks and flame. Avoid ingestion and inhalation. Use with adequate ventilation. Wash clothing before reuse. Do not pressurize, cut, weld, braze, solder, drill, grind, or expose empty containers to heat, sparks or open flames.

Storage: Keep away from heat and flame. Keep away from sources of ignition. Store in a tightly closed container. Store in a cool, dry, well-ventilated area away from incompatible substances. Flammables-area.

Section 8 - Exposure Controls, Personal Protection

Engineering Controls: Use process enclosure, local exhaust ventilation, or other engineering controls to control airborne levels below recommended exposure limits. Facilities storing or utilizing this material should be equipped with an eyewash facility and a safety shower. Ventilation fans and other electrical service must be non-sparking and have an explosion-proof design.

Exposure Limits

Chemical Name	ACGIH	NIOSH	OSHA - Final PELs
1,3-Dioxolane	20 ppm TWA	none listed	none listed

OSHA Vacated PELs: 1,3-Dioxolane: No OSHA Vacated PELs are listed for this chemical.

Personal Protective Equipment

Eyes: Wear chemical splash goggles.

Skin: Wear appropriate protective gloves to prevent skin exposure.

Clothing: Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure.

Respirators: A respiratory protection program that meets OSHA's 29 CFR 1910.134 and ANSI Z88.2

requirements or European Standard EN 149 must be followed whenever workplace conditions warrant respirator use.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Liquid
Appearance: clear, colorless
Odor: mild ether-like odor
pH: Not available.
Vapor Pressure: 79 mm Hg @ 20 deg C
Vapor Density: 2.55 (air=1)
Evaporation Rate: Not available.
Viscosity: Not available.
Boiling Point: 74 - 75 deg C
Freezing/Melting Point: -26 deg C
Decomposition Temperature: Not available.
Solubility: Soluble.
Specific Gravity/Density: 1.06 g/ml
Molecular Formula: C3H6O2
Molecular Weight: 74.08

Section 10 - Stability and Reactivity

Chemical Stability: Stable at room temperature in closed containers under normal storage and handling conditions. On long term storage, substances with similar functional groups form explosive peroxides.
Conditions to Avoid: Mechanical shock, ignition sources, excess heat, exposure to moist air or water.
Incompatibilities with Other Materials: Strong acids, strong oxidizing agents.
Hazardous Decomposition Products: Carbon monoxide, carbon dioxide, formaldehyde.
Hazardous Polymerization: May occur.

Section 11 - Toxicological Information

RTECS#:
CAS# 646-06-0: JH6760000
LD50/LC50:
Inhalation, mouse: LC50 = 10500 mg/m³/2H;
Inhalation, rat: LC50 = 20650 mg/m³/4H;
Oral, mouse: LD50 = 3200 mg/kg;
Oral, rabbit: LD50 = 5200 mg/kg;
Oral, rat: LD50 = 3 gm/kg;
Skin, rabbit: LD50 = 8480 uL/kg;
Skin, rat: LD50 = 15 gm/kg;

Carcinogenicity:
CAS# 646-06-0: Not listed by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.

Epidemiology: No information available.
Teratogenicity: No information available.
Reproductive Effects: No information available.
Mutagenicity: No information available.
Neurotoxicity: No information available.
Other Studies:

Section 12 - Ecological Information

Ecotoxicity: No data available. No information available.
Environmental: Terrestrial: High mobility in soil and leaching may occur. 1,3-dioxolane may volatilize from moist soil. Aquatic: Volatilization half-lives of 34 hr and 15 days have been estimated for a model river and a

model environmental pond, respectively. Adsorption to sediment and bioconcentration in aquatic organisms may not be important. Atmospheric: Expected to exist almost entirely in the vapor phase in the ambient atmosphere. Will not bioconcentrate but may slightly biodegrade.
Physical: No information available.
Other: No information available.

Section 13 - Disposal Considerations

Chemical waste generators must determine whether a discarded chemical is classified as a hazardous waste. US EPA guidelines for the classification determination are listed in 40 CFR Parts 261.3. Additionally, waste generators must consult state and local hazardous waste regulations to ensure complete and accurate classification.

RCRA P-Series: None listed.
RCRA U-Series: None listed.

Section 14 - Transport Information

Shipping Name:	US DOT	Canada TDG
Hazard Class:	DIOXOLANE 3	DIOXOLANE 3
UN Number:	UN1166	UN1166
Packing Group:	II	II
Additional Info:		FLASHPOINT -5 C

Section 15 - Regulatory Information

US FEDERAL

TSCA
CAS# 646-06-0 is listed on the TSCA inventory.
Health & Safety Reporting List
CAS# 646-06-0: Effective 1/3/83, Sunset 1/3/93
Chemical Test Rules
None of the chemicals in this product are under a Chemical Test Rule.
Section 12b
None of the chemicals are listed under TSCA Section 12b.
TSCA Significant New Use Rule
None of the chemicals in this material have a SNUR under TSCA.
CERCLA Hazardous Substances and corresponding RQs
None of the chemicals in this material have an RQ.
SARA Section 302 Extremely Hazardous Substances
None of the chemicals in this product have a TPQ.
SARA Codes
CAS # 646-06-0: immediate, delayed, fire, reactive.
Section 313 No chemicals are reportable under Section 313.
Clean Air Act:
This material does not contain any hazardous air pollutants.
This material does not contain any Class 1 Ozone depleters.
This material does not contain any Class 2 Ozone depleters.
Clean Water Act:
None of the chemicals in this product are listed as Hazardous Substances under the CWA.
None of the chemicals in this product are listed as Priority Pollutants under the CWA.
None of the chemicals in this product are listed as Toxic Pollutants under the CWA.
OSHA:
None of the chemicals in this product are considered highly hazardous by OSHA.

STATE
CAS# 646-06-0 can be found on the following state right to know lists: New Jersey, Pennsylvania, Massachusetts.

California Prop 65

California No Significant Risk Level: None of the chemicals in this product are listed.

European/International Regulations
European Labeling in Accordance with EC Directives

Hazard Symbols:

Xi F

Risk Phrases:

R 11 Highly flammable.

R 36/37/38 Irritating to eyes, respiratory system and skin.

Safety Phrases:

S 16 Keep away from sources of ignition - No smoking.

WGK (Water Danger/Protection)

CAS# 646-06-0: 1

Canada - DSL/NDSL

CAS# 646-06-0 is listed on Canada's DSL List.

Canada - WHMIS

This product has a WHMIS classification of B2, D2B.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all of the information required by those regulations.

Canadian Ingredient Disclosure List

CAS# 646-06-0 is listed on the Canadian Ingredient Disclosure List.

Section 16 - Additional Information

MSDS Creation Date: 2/25/1999

Revision #4 Date: 11/22/2005

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall Fisher be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if Fisher has been advised of the possibility of such damages.

Questa è la versione .html del file contenuto in http://www.sciencelab.com/xmsds-1_3_Dioxolane-9923848.
Google crea automaticamente la versione .html dei documenti durante la scansione del Web.
Per inserire un segnalibro o un collegamento alla pagina, utilizzare il seguente URL: http://www.google.com/search?q=cachhe:z1fyXDLkR68j:www.sciencelab.com/xmsds-1_3_Dioxolane-9923848-dioxolane-TLV&hl=it&gl=it&ct=clnk&cd=4

Google non è collegato agli autori di questa pagina e non è responsabile del suo contenuto.

Sono state evidenziate le seguenti parole chiave: dioxolane tv

Material Safety Data Sheet 1,3-Dioxolane MSDS

Section 1: Chemical Product and Company Identification

Product Name: 1,3-Dioxolane
Catalog Codes: SLD2995
CAS#: 646-06-0
RTECS: JH6760000
TSCA: TSCA 8(b) Inventory: 1,3-Dioxolane
CI#: Not available.
Synonym: 1,3-Dioxacyclopentane
Chemical Name: 1,3-Dioxolane
Chemical Formula: C3-H6-O

Contact Information:
ScienceLab.com, Inc.
14025 Smith Rd.
Houston, Texas 77396
US Sales: 1-800-901-7247
International Sales: 1-281-441-4400
Order Online: ScienceLab.com

CHEMTREC (24HR Emergency Telephone), ca
1-800-424-9300

International CHEMTREC, call: 1-703-527-3887
For non-emergency assistance, call: 1-281-44

Section 2: Composition and Information on Ingredients

Composition:	CAS #	% by V
Name {1,3-}Dioxolane;	646-06-0	100

Toxicological Data on Ingredients: 1,3-Dioxolane: ORAL (LD50): Acute: 3000 mg/kg [Rat]. 3200 mg/kg [Mouse].

Section 3: Hazards Identification

Potential Acute Health Effects: Hazardous in case of skin contact (irritant), of ingestion, of inhalation.

Potential Chronic Health Effects:
CARCINOGENIC EFFECTS: Not available.

MUTAGENIC EFFECTS: Not available.
TERATOGENIC EFFECTS: Not available.
DEVELOPMENTAL TOXICITY: Not available.
The substance is toxic to blood, kidneys, bladder, brain.
Repeated or prolonged exposure to the substance can produce target organs damage.

Section 4: First Aid Measures

Eye Contact: Immediately flush eyes with running water for at least 15 minutes, keeping eyelids open. Cold water may be used.

Skin Contact:

After contact with skin, wash immediately with plenty of water. Gently and thoroughly wash the contaminated skin with running water and non-abrasive soap. Be particularly careful to clean folds, crevices, creases and groin. Cold water may be used. Cover the irritated skin with an emollient. If irritation persists, seek medical attention. Wash contaminated clothing before reusing.

Serious Skin Contact:

Wash with a disinfectant soap and cover the contaminated skin with an anti-bacterial cream. Seek medical attention.

Inhalation: Allow the victim to rest in a well ventilated area. Seek immediate medical attention.

Serious Inhalation:

Evacuate the victim to a safe area as soon as possible. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If breathing is difficult, administer oxygen. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek medical attention.

Ingestion:

Do not induce vomiting. Loosen tight clothing such as a collar, tie, belt or waistband. If the victim is not breathing, perform mouth-to-mouth resuscitation. Seek immediate medical attention.

Serious Ingestion: Not available.

Section 5: Fire and Explosion Data

Flammability of the Product: Flammable.

Auto-Ignition Temperature: 274°C (525.2°F)

Flash Points: CLOSED CUP: -6°C (21.2°F). OPEN CUP: 1.67°C (35°F).

Flammable Limits: LOWER: 2.1% UPPER: 20.5%

Products of Combustion: These products are carbon oxides (CO, CO2).

Fire Hazards in Presence of Various Substances: Not available.

Explosion Hazards in Presence of Various Substances:

Risks of explosion of the product in presence of mechanical impact: Not available.
Risks of explosion of the product in presence of static discharge: Not available.

Fire Fighting Media and Instructions:

Flammable liquid, soluble or dispersed in water.
SMALL FIDF. Use dry chemical powder

LARGE FIRE: Use alcohol foam, water spray or fog.

Special Remarks on Fire Hazards: Not available.

Special Remarks on Explosion Hazards: Not available.

Section 6: Accidental Release Measures

Small Spill:

Dilute with water and mop up, or absorb with an inert dry material and place in an appropriate waste disposal container.

Large Spill:

Flammable liquid.
Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Stop leak if without risk. Absorb with DRY earth,

sand or other non-combustible material. Do not touch spilled material. Prevent entry into sewers, basements or confined areas; dike if needed. Eliminate all ignition sources. Be careful that the product is not present at a concentration level above TLV. Check TLV on the MSDS and with local authorities.

Section 7: Handling and Storage

Precautions:

Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Ground all equipment containing material. Do not ingest. Do not breathe gas/fumes/vapour/spray. Avoid contact with skin. Wear suitable protective clothing. In case of insufficient ventilation, wear suitable respiratory equipment. If ingested, seek medical advice immediately and show the container or the label. Keep away from incompatibles such as oxidizing agents.

Storage:

Flammable materials should be stored in a separate safety storage cabinet or room. Keep away from heat. Keep away from sources of ignition. Keep container tightly closed. Keep in a cool, well-ventilated place. Ground all equipment containing material. A refrigerated room would be preferable for materials with a flash point lower than 37.8°C (100°F).

Section 8: Exposure Controls/Personal Protection

Engineering Controls:

Provide exhaust ventilation or other engineering controls to keep the airborne concentrations of vapors below their respective threshold limit value. Ensure that eyewash stations and safety showers are proximal to the work-station location.

Personal Protection:

Safety glasses. Lab coat. Vapor respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Gloves.

Personal Protection in Case of a Large Spill:

Splash goggles. Full suit. Vapor respirator. Boots. Gloves. A self contained breathing apparatus should be used to avoid inhalation of the product. Suggested protective clothing might not be sufficient; consult a specialist BEFORE handling this product.

Exposure Limits:

TWA: 20 (ppm) from ACGIH (TLV)
Consult local authorities for acceptable exposure limits.

Section 9: Physical and Chemical Properties

Physical state and appearance: Liquid.

Odor: Ethereal.

Taste: Not available.

Molecular Weight: 74.08 g/mole

Color: Colorless.

pH (1% soln./water): Not available.

Boiling Point: 75.6°C (168.1°F)

Melting Point: -95°C (-139°F)

Critical Temperature: Not available.

Specific Gravity: 1.0666 (Water = 1)

Vapor Pressure: 70 mm of Hg (@ 20°C)

Vapor Density: 2.6 (Air = 1)

Volatility: 100% (v/v).

Odor Threshold: Not available.

Water/Oil Dist. Coeff.: Not available.

Toxicity (in Water): Not available.

Dispersion Properties:

Dispersed in methanol, n-octanol.
See solubility in water, methanol, diethyl ether, n-octanol, acetone.

Solubility:

Easily soluble in cold water, hot water.
Soluble in methanol, diethyl ether, n-octanol, acetone.

Section 10: Stability and Reactivity Data

Stability: The product is stable.

Instability Temperature: Not available.

Conditions of Instability: Not available.

Incompatibility with various substances: Reactive with oxidizing agents.

Corrosivity: Not available.

Special Remarks on Reactivity: If exposes to air, organic peroxides will develop.

Special Remarks on Corrosivity: Not available.

Polymerization: No.

Section 11: Toxicological Information

Routes of Entry: Dermal contact. Inhalation. Ingestion.

Toxicity to Animals: Acute oral toxicity (LD50): 3000 mg/kg [Rat].

Chronic Effects on Humans: The substance is toxic to blood, kidneys, bladder, brain.

Other Toxic Effects on Humans: Hazardous in case of skin contact (irritant), of ingestion, of inhalation.

Special Remarks on Toxicity to Animals: Not available.

Special Remarks on Chronic Effects on Humans: Not available.

Special Remarks on other Toxic Effects on Humans: Not available.

Section 12: Ecological Information

Ecotoxicity: Not available.

BOD5 and COD: Not available.

Products of Biodegradation:
Possibly hazardous short term degradation products are not likely. However, long term degradation products may arise.

Toxicity of the Products of Biodegradation: The product itself and its products of degradation are not toxic.

Special Remarks on the Products of Biodegradation: Not available.

Section 13: Disposal Considerations

Waste Disposal:

Section 14: Transport Information

DOT Classification: Class 3: Flammable liquid.

Identification: : Dioxolane : UN1166 PG: II

Special Provisions for Transport: Not available.

Section 15: Other Regulatory Information

Federal and State Regulations:
Pennsylvania RTK: 1,3-Dioxolane
Massachusetts RTK: 1,3-Dioxolane
New Jersey: 1,3-Dioxolane
TSCA 8(b) inventory: 1,3-Dioxolane
TSCA 8(a) PAIR: 1,3-Dioxolane
TSCA 8(d) H and S data reporting: 1,3-Dioxolane: Jan 3, 1983

Other Regulations:

OSHA: Hazardous by definition of Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200).
EINECS: This product is on the European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

Other Classifications:

WHMIS (Canada): CLASS B-2: Flammable liquid with a flash point lower than 37.8°C (100°F).

DSCL (EEC): R11- Highly flammable.

HMIS (U.S.A.):

Health Hazard: 2

Fire Hazard: 3

Reactivity: 0

Personal Protection: 9

National Fire Protection Association (U.S.A.):

Health: 2

Flammability: 3

Reactivity: 0

Specific hazard:

Protective Equipment:

Gloves.
Lab coat.
Vapor respirator. Be sure to use an approved/certified respirator or equivalent. Wear appropriate respirator when ventilation is inadequate.
Safety glasses.

References: Not available.

Other Special Considerations: Not available.

Created: 10/09/2005 05:14 PM

Last Updated: 10/09/2005 05:14 PM

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall ScienceLab.com be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if ScienceLab.com has been advised of the possibility of such damages.

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPILENE GLICOL MONOMETIL ETERE

ICSC: 0551



1-Metossi-2-propanolo
1-Metossi-propano-2-olo
1-Metossi-2-idrossipropano
Propilene glicol metil etere
 $C_4H_{10}O_2 / H_3CCHOHCH_2OCH_3$
Massa molecolare: 90.1

ICSC # 0551
CAS # 107-98-2
RTECS # UBZ700000
NU # 3092
CE # 603-064-00-3

TIPO DI RISCHIO/ESPOSIZIONE	RISCHI ACUTI/SINTOMI	PREVENZIONE	PRIMO SOCCORSO/MEZZI ESTINGUENTI
INCENDIO	Infiammabile.	NO fiamme libere, NO scintille e NON fumare.	Polvere, schiuma alcool-resistente, spruzzo d'acqua, anidride carbonica.
ESPLOSIONE	Oltre 38°C possono formarsi miscele vapore/aria esplosive.	A temperature superiori a 38°C usare un sistema chiuso, ventilazione e materiale elettrico antideflagrante.	In caso di incendio: mantenere freddi i fusti, ecc., bagnandoli con acqua.
ESPOSIZIONE			
INALAZIONE	Tosse, Sonnolenza. Mal di testa. Mal di gola.	Ventilazione, aspirazione localizzata, o protezione delle vie respiratorie.	Aria fresca, riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
CUTE	Cute secca. Arrossamento.	Guanti protettivi. Vestitario protettivo.	Rimuovere i vestiti contaminati. Sciacquare la cute con abbondante acqua o con una doccia.
OCCHI	Lacrimazione. Arrossamento. Dolore.	Occhiali di sicurezza o visiera.	Prima sciacquare con abbondante acqua per alcuni minuti (rimuovere le lenti a contatto se è possibile farlo agevolmente), quindi contattare un medico.
INGESTIONE	Sonnolenza. Mal di testa. Nausea.		Risciacquare la bocca. NON Indurre il vomito. Riposo. Sottoporre all'attenzione del medico.
RIMOZIONE DI UN VERSAMENTO		IMMAGAZZINAMENTO	IMBALLAGGIO & ETICHETTATURA
Raccogliere il liquido fuoriuscito e sversato in contenitori sigillabili il più lontano possibile. Lavare via il residuo con acqua abbondante.		A prova di fuoco. Freddo. Mantenere al buio.	R: 10 S: 2-24 UN Classe di Rischio: 3 UN Gruppo di Imballaggio: III

INFORMAZIONI IMPORTANTI NEL RETRO

Preparato nel contesto della cooperazione tra l'International Programme on Chemical Safety & la Commissione della Comunità Europea (C) 1999

Schede Internazionali di Sicurezza Chimica

PROPILENE GLICOL MONOMETIL ETERE

ICSC: 0551

D	STATO FISICO; ASPETTO: LIQUIDO INCOLORE; CON ODORE CARATTERISTICO.	VIE DI ESPOSIZIONE: La sostanza può essere assorbita nell'organismo per inalazione dei suoi vapori o dei suoi aerosol, attraverso la cute e per ingestione.
A		
T	PERICOLI FISICI:	RISCHI PER INALAZIONE: Una contaminazione dannosa dell'aria sarà raggiunta abbastanza lentamente per evaporazione della sostanza a 20°C.
I	PERICOLI CHIMICI: La sostanza può presumibilmente formare perossidi esplosivi. Reagisce con ossidanti forti, cloruri di acidi, anidridi, alluminio e rame.	
I	LIMITI DI ESPOSIZIONE OCCUPAZIONALE: TLV 100 ppm; 369 mg/m ³ (come TWA) 150 ppm; 553 mg/m ³ (STEL) (ACGIH 1997). MAK: 100 ppm; 375 mg/m ³ , (1996)	EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE A BREVE TERMINE: La sostanza ed i vapori (ad elevate concentrazioni) sono irritanti per gli occhi, la cute ed il tratto respiratorio. L'esposizione a concentrazioni molto elevate può portare a depressione nervosa.
M		
P		
O		EFFETTI DELL'ESPOSIZIONE RIPETUTA O A LUNGO TERMINE: Il liquido ha caratteristiche sgrassanti la cute.
R		
T		
A		
N		
T		
I		
PROPRIETA FISICHE	Punto di ebollizione: 120°C Punto di fusione: -96°C Densità relativa (acqua=1): 0.92 Solubilità in acqua: molto buona Tensione di vapore, kPa a 20°C: 1.2	Densità relativa della miscela aria/vapore a 20°C (aria=1): 1.03 Punto di infiammabilità: 38°C Temperatura di auto-accensione: 270°C Limiti di esplosività, vol % in aria: 1.9-13.1
DATI AMBIENTALI		
	NOTE	
	Il prodotto commerciale può contenere impurezze che possono alterarne le proprietà tossiche. Ricercare i perossidi prima della distillazione; eliminarli qualora riscontrati. Dowanol 33 B, Dowanol PM, Dowtherm 209, Poly-Solv MPM Solvent, PolySolvent M, Proposal Solvent M, UCAR PM Solvent, Ucar Trisol HG-170 sono nomi commerciali. Codice NFPA: H0; F3; R0;	
	INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI	
	VERSIONE INTERNAZIONALE IN ITALIANO	
ICSC: 0551	PROPILENE GLICOL MONOMETIL ETERE (C) IPCS, CEC 1989	
NOTIZIA LEGALE IMPORTANTE:	Né NIOSH, la CEC o il IPCS e neanche le persone che agiscono per conto della CEC o dell'IPCS sono responsabili per l'uso che verrà fatto di queste informazioni. Questa scheda contiene i punti di vista collettivi del comitato di revisione di parti di IPCS e non può riflettere in tutti i casi tutte le prestazioni dettagliate incluse nella legislazione nazionale sull'oggetto. L'utente dovrebbe verificare la conformità della scheda con la legislazione relativa nel paese di uso.	

Elenco delle frasi di rischio R

- R1** Esplosivo allo stato secco.
- R2** Rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti d'ignizione.
- R3** Elevato rischio di esplosione per urto, sfregamento, fuoco o altre sorgenti d'ignizione
- R4** Forma composti metallici esplosivi molto sensibili.
- R5** Pericolo di esplosione per riscaldamento.
- R6** Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria.
- R7** Può provocare un incendio.
- R8** Può provocare l'accensione di materie combustibili.
- R9** Esplosivo in miscela con materie combustibili.
- R10** Infiammabile.
- R11** Facilmente infiammabile.
- R12** Estremamente infiammabile.
- R14** Reagisce violentemente con l'acqua.
- R15** A contatto con l'acqua libera gas estremamente infiammabili.
- R16** Pericolo di esplosione se mescolato con sostanze comburenti.
- R17** Spontaneamente infiammabile all'aria.
- R18** Durante l'uso può formare con aria miscele esplosive/infiammabili.
- R19** Può formare perossidi esplosivi.
- R20** Nocivo per inalazione.
- R21** Nocivo a contatto con la pelle.
- R22** Nocivo per ingestione.
- R23** Tossico per inalazione.
- R24** Tossico a contatto con la pelle.
- R25** Tossico per ingestione.
- R26** Molto tossico per inalazione.
- R27** Molto tossico a contatto con la pelle.
- R28** Molto tossico per ingestione.
- R29** A contatto con l'acqua libera gas tossici.
- R30** Può divenire facilmente infiammabile durante l'uso.
- R31** A contatto con acidi libera gas tossico.
- R32** A contatto con acidi libera gas molto tossico.
- R33** Pericolo di effetti cumulativi.
- R34** Provoca ustioni.
- R35** Provoca gravi ustioni.
- R36** Irritante per gli occhi.
- R37** Irritante per le vie respiratorie.
- R38** Irritante per la pelle.
- R39** Pericolo di effetti irreversibili molto gravi.
- R40** Possibilità di effetti cancerogeni - prove insufficienti.
- R41** Rischio di gravi lesioni oculari.
- R42** Può provocare sensibilizzazione per inalazione.
- R43** Può provocare sensibilizzazione per contatto con la pelle.
- R44** Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato.
- R45** Può provocare il cancro.
- R46** Può provocare alterazioni genetiche ereditarie.
- R48** Pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata.
- R49** Può provocare il cancro per inalazione.
- R50** Altamente tossico per gli organismi acquatici.
- R51** Tossico per gli organismi acquatici.
- R52** Nocivo per gli organismi acquatici.
- R53** Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.
- R54** Tossico per la flora.
- R55** Tossico per la fauna.

- R56** Tossico per gli organismi del terreno.
- R57** Tossico per le api.
- R58** Può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente.
- R59** Pericoloso per lo strato di ozono.
- R60** Può ridurre la fertilità.
- R61** Può danneggiare i bambini non ancora nati.
- R62** Possibile rischio di ridotta fertilità.
- R63** Possibile rischio di danni ai bambini non ancora nati.
- R64** Possibile rischio per i bambini allattati al seno.
- R65** Nocivo: può causare danni ai polmoni in caso di ingestione.
- R66** L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle.
- R67** L'inalazione dei vapori può provocare sonnolenza e vertigini.
- R68** Possibilità di effetti irreversibili

Combinazioni delle frasi R

- R14/15** Reagisce violentemente con l'acqua liberando gas estremamente infiammabili
- R15/29** A contatto con l'acqua libera gas tossici estremamente infiammabili.
- R20/21** Nocivo per inalazione e contatto con la pelle.
- R20/22** Nocivo per inalazione e ingestione.
- R20/21/22** Nocivo per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
- R21/22** Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione.
- R23/24** Tossico per inalazione e contatto con la pelle.
- R23/25** Tossico per inalazione e ingestione.
- R23/24/25** Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
- R24/25** Tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
- R26/27** Molto tossico per inalazione e contatto con la pelle.
- R26/28** Molto tossico per inalazione e per ingestione.
- R26/27/28** Molto tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione
- R27/28** Molto tossico a contatto con la pelle e per ingestione.
- R36/37** Irritante per gli occhi e le vie respiratorie.
- R36/38** Irritante per gli occhi e la pelle.
- R36/37/38** Irritante per gli occhi, le vie respiratorie e la pelle.
- R37/38** Irritante per le vie respiratorie e la pelle.
- R39/23** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
- R39/24** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.
- R39/25** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
- R39/23/24** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle
- R39/23/25** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
- R39/24/25** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
- R39/23/24/25** Tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
- R39/26** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione.
- R39/27** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle.
- R39/28** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per ingestione.
- R39/26/27** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione e a contatto con la pelle.
- R39/26/28** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione ed ingestione.
- R39/27/28** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi a contatto con la pelle e per ingestione.
- R39/26/27/28** Molto tossico: pericolo di effetti irreversibili molto gravi per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione.
- R42/43** Può provocare sensibilizzazione per inalazione e contatto con la pelle.
- R48/20** Nocivo: pericolo di gravi danni per la salute in caso di esposizione prolungata per

inalazione.

R48/21 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle.

R48/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.

R48/20/21 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.

R48/20/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e ingestione.

R48/21/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle e per ingestione.

R48/20/21/22 Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.

R48/23 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.

R48/24 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle.

R48/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per ingestione.

R48/23/24 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione e a contatto con la pelle.

R48/23/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione ed ingestione.

R48/24/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata a contatto con la pelle e per ingestione.

R48/23/24/25 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.

R50/53 Altamente tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.

R51/53 Tossico per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.

R52/53 Nocivo per gli organismi acquatici, può provocare a lungo termine effetti negativi per l'ambiente acquatico.

R68/20 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione.

R68/21 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle.

R68/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per ingestione.

R68/20/21 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione e a contatto con la pelle.

R68/20/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione ed ingestione.

R68/21/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili a contatto con la pelle e per ingestione.

R68/20/21/22 Nocivo: possibilità di effetti irreversibili per inalazione, a contatto con la pelle e per ingestione.

Elenco dei consigli di prudenza S

- S1** Conservare sotto chiave.
- S2** Conservare fuori dalla portata dei bambini.
- S3** Conservare in luogo fresco.
- S4** Conservare lontano da locali di abitazione.
- S5** Conservare sotto ... (liquido appropriato da indicarsi da parte del fabbricante).
- S6** Conservare sotto ... (gas inerte da indicarsi da parte del fabbricante).
- S7** Conservare il recipiente ben chiuso.
- S8** Conservare al riparo dall'umidità.
- S9** Conservare il recipiente in luogo ben ventilato.
- S12** Non chiudere ermeticamente il recipiente.
- S13** Conservare lontano da alimenti o mangimi e da bevande.
- S14** Conservare lontano da ... (sostanze incompatibili da precisare da parte del produttore).
- S15** Conservare lontano dal calore.
- S16** Conservare lontano da fiamme e scintille - Non fumare.
- S17** Tenere lontano da sostanze combustibili.
- S18** Manipolare ed aprire il recipiente con cautela.
- S20** Non mangiare nè bere durante l'impiego.
- S21** Non fumare durante l'impiego.
- S22** Non respirare le polveri.
- S23** Non respirare i gas/fumi/vapori/aerosoli [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
- S24** Evitare il contatto con la pelle.
- S25** Evitare il contatto con gli occhi.
- S26** In caso di contatto con gli occhi, lavare immediatamente e abbondantemente con acqua e consultare il medico.
- S27** Togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati.
- S28** In caso di contatto con la pelle lavarsi immediatamente ed abbondantemente con ... (prodotti idonei da indicarsi da parte del fabbricante).
- S29** Non gettare i residui nelle fognature.
- S30** Non versare acqua sul prodotto.
- S33** Evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche.
- S35** Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
- S36** Usare indumenti protettivi adatti.
- S37** Usare guanti adatti.
- S38** In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
- S39** Proteggersi gli occhi/la faccia.
- S40** Per pulire il pavimento e gli oggetti contaminati da questo prodotto, usare ... (da precisare da parte del produttore).
- S41** In caso di incendio e/o esplosione non respirare i fumi.
- S42** Durante le fumigazioni/polverizzazioni usare un apparecchio respiratorio adatto [termine(i) appropriato(i) da precisare da parte del produttore].
- S43** In caso di incendio usare ... (mezzi estinguenti idonei da indicarsi da parte del fabbricante. Se l'acqua aumenta il rischio precisare "Non usare acqua").
- S45** In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (possibilmente mostrargli l'etichetta).
- S46** In caso d'ingestione consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
- S47** Conservare a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del fabbricante).
- S48** Mantenere umido con ... (mezzo appropriato da precisare da parte del fabbricante).
- S49** Conservare soltanto nel recipiente originale.
- S50** Non mescolare con ... (da specificare da parte del fabbricante).
- S51** Usare soltanto in luogo ben ventilato.
- S52** Non utilizzare su grandi superfici in locali abitati.
- S53** Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.

- S56** Smaltire questo materiale e i relativi contenitori in un punto di raccolta di rifiuti pericolosi o speciali.
- S57** Usare contenitori adeguati per evitare l'inquinamento ambientale.
- S59** Richiedere informazioni al produttore/fornitore per il recupero/riciclaggio.
- S60** Questo materiale e il suo contenitore devono essere smaltiti come rifiuti pericolosi.
- S61** Non disperdere nell'ambiente. Riferirsi alle istruzioni speciali/schede informative in materia di sicurezza.
- S62** In caso di ingestione non provocare il vomito: consultare immediatamente il medico e mostrargli il contenitore o l'etichetta.
- S63** In caso di incidente per inalazione, allontanare l'infortunato dalla zona contaminata e mantenerlo a riposo.
- S64** In caso di ingestione, sciacquare la bocca con acqua (solamente se l'infortunato è cosciente).

Combinazione delle frasi S

- S1/2** Conservare sotto chiave e fuori dalla portata dei bambini.
- S3/7** Tenere il recipiente ben chiuso in luogo fresco.
- S3/9/14** Conservare in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
- S3/9/14/49** Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato lontano da ... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
- S3/9/49** Conservare soltanto nel contenitore originale in luogo fresco e ben ventilato.
- S3/14** Conservare in luogo fresco lontano da ... (materiali incompatibili da precisare da parte del fabbricante).
- S7/8** Conservare il recipiente ben chiuso e al riparo dall'umidità.
- S7/9** Tenere il recipiente ben chiuso e in luogo ben ventilato.
- S7/47** Tenere il recipiente ben chiuso e a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del fabbricante).
- S20/21** Non mangiare, nè bere, nè fumare durante l'impiego.
- S24/25** Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle.
- S27/28** In caso di contatto con la pelle, togliersi di dosso immediatamente gli indumenti contaminati e lavarsi immediatamente e abbondantemente con ... (prodotti idonei da indicarsi da parte del fabbricante).
- S29/35** Non gettare i residui nelle fognature; non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.
- S29/56** Non gettare i residui nelle fognature; smaltire questo materiale e i relativi contenitori in un punto di raccolta rifiuti pericolosi o speciali.
- S36/37** Usare indumenti protettivi e guanti adatti.
- S36/37/39** Usare indumenti protettivi e guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
- S36/39** Usare indumenti protettivi adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
- S37/39** Usare guanti adatti e proteggersi gli occhi/la faccia.
- S47/49** Conservare soltanto nel contenitore originale a temperatura non superiore a ... °C (da precisare da parte del fabbricante).

Fonte:

<http://www.sicurezzaonline.it/leggi/legsop/legsop2003/legsop2003doc/rs.htm>

Elenco delle frasi di rischio e dei consigli di prudenza desunti dal D.M. 16/2/93 e dal XVIII Adeguamento (Allegati III e IV Direttiva 67/548/CEE)