

**Alma Mater Studiorum – Università di Bologna**

**Dipartimento di Architettura e Pianificazione Territoriale – DAPT**

---

**DOTTORATO DI RICERCA IN  
INGEGNERIA EDILE – ARCHITETTURA**

Ciclo XXIII

**Settore Concorsuale:** 08/F1 – Pianificazione e Progettazione Urbanistica e Territoriale

**Settore Scientifico disciplinare:** ICAR/20 – Tecnica e Pianificazione Urbanistica

**LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DAL PROGETTO EDILIZIO AL PIANO URBANO:  
L'INTEGRAZIONE DELLA VARIABILE ENERGETICA  
NELLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO**

Dottorando:

***Ing. Ciro Lamedica***

Relatori:

***Prof. Carlo Monti***

***Prof. Giovanni Mochi***

Coordinatore:

***Prof. Roberto Mingucci***

# INDICE

<b>0. L'OBIETTIVO DELLA RICERCA .....</b>	<b>6</b>
<b>1. IL CONTESTO.....</b>	<b>13</b>
1.1 SOSTENIBILITÀ: DALLA PRIMA DEFINIZIONE ALL'INTEGRAZIONE NEGLI STRUMENTI DI GOVERNO DEL TERRITORIO .....	13
1.1.1 <i>Significato ed evoluzione del concetto</i> .....	13
1.1.2 <i>La questione energetica e il Protocollo di Kyoto</i> .....	15
1.1.3 <i>La questione energetica nel governo del Territorio</i> .....	17
1.2 RASSEGNA DEGLI STRUMENTI DI VALUTAZIONE A SCALA EDILIZIA .....	19
1.2.1 <i>BREEAM / EcoHomes</i> .....	20
1.2.2 <i>LEED – Green Building Rating System</i> .....	20
1.2.3 <i>Green Building Challenge</i> .....	21
1.2.4 <i>Protocollo ITACA</i> .....	23
1.2.5 <i>HQE<sup>2</sup>R</i> .....	24
1.2.6 <i>Tabella di riepilogo e confronto</i> .....	25
1.3 L'APPROCCIO ESIGENZIAL - PRESTAZIONALE NELLA DISCIPLINA URBANISTICA .....	28
1.4 UN ESEMPIO PRATICO DI APPLICAZIONE DELL'APPROCCIO ESIGENZIAL – PRESTAZIONALE NEI REGOLAMENTI URBANISTICI: IL REGOLAMENTO EDILIZIO TIPO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA .....	29
<b>2. LA SOSTENIBILITÀ A SCALA INSEDIATIVA .....</b>	<b>34</b>
2.1 L'APPLICAZIONE A SCALA DI QUARTIERE: ESPERIENZE DI SOSTENIBILITÀ IN EUROPA. ....	34
2.1.1 <i>Il quartiere Rieselfeld di Friburgo</i> .....	35
2.1.2 <i>Il quartiere Vauban di Friburgo</i> .....	36
2.1.3 <i>Il quartiere Solarsiedlung di Friburgo</i> .....	37
2.1.4 <i>Il quartiere BedZED di Londra</i> .....	38
2.1.5 <i>Il quartiere Greenwich Millennium Village (GMW) di Londra</i> .....	39
2.1.6 <i>Il quartiere GWL-Terrein di Amsterdam</i> .....	40
2.1.7 <i>Il quartiere Kronsberg di Hannover</i> .....	41
2.1.8 <i>Il quartiere Solar City di Linz</i> .....	43
2.2 IL CASO ITALIANO: LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE NELLA NUOVA STRUMENTAZIONE URBANISTICA. (PSC, POC, RUE, PEREQUAZIONE).....	46
2.3 UN CASO DI STUDIO: LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE NEGLI STRUMENTI URBANISTICI DI BOLOGNA. (PSC, POC, RUE, PEREQUAZIONE).....	50

<b>3. IL PROCESSO DI INTEGRAZIONE DELLA VARIABILE ENERGETICA NELLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO.....</b>	<b>56</b>
3.1 I LIMITI DEGLI INTERVENTI DI QUALIFICAZIONE E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA A SCALA EDILIZIA.....	58
3.2 LE FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (FER).....	60
3.2.1 <i>Quadro normativo</i> .....	61
3.2.2 <i>I Piani Energetici: dalla Legge 10 agli Strumenti Urbanistici</i> .....	70
3.2.3 <i>Definizioni e identificazione</i> .....	72
3.2.4 <i>Potenzialità e barriere alla diffusione</i> .....	73
3.2.5 <i>Idroelettrica</i> .....	79
3.2.6 <i>Eolica</i> .....	88
3.2.7 <i>Geotermico</i> .....	96
3.2.8 <i>Solare fotovoltaico</i> .....	106
3.2.9 <i>Solare termico e termodinamico</i> .....	113
3.2.10 <i>Biomasse</i> .....	121
3.2.11 <i>Tabella riepilogativa: sintesi e confronto delle FER</i> .....	132
<b>4 CONCLUSIONI: ELEMENTI PER UNA GESTIONE URBANA ENERGETICAMENTE EFFICIENTE</b>	<b>135</b>
4.1 L'ANALISI DELLE CAPACITÀ ENERGETICHE DEL TERRITORIO.....	135
4.2 CONFRONTO DELLE FER CON I RISULTATI DELL'AUDIT DEL SITO: LA BASE PER UNA PRIMA SCELTA DEL MIX ENERGETICO OTTIMALE.....	141
4.3 UNA NUOVA ENTITÀ TERRITORIALE NEI PIANI URBANISTICI: I DISTRETTI ENERGETICI.....	145
4.4 LA PEREQUAZIONE URBANISTICA ED ENERGETICA.....	145
4.5 UN NUOVO REQUISITO PRESTAZIONALE.....	148
<b>5. NOTE – BIBLIOGRAFIA – SITOGRAFIA .....</b>	<b>150</b>
5.1 NOTE.....	150
5.2 BIBLIOGRAFIA .....	155
5.3 SITOGRAFIA.....	159

## ABSTRACT

La questione energetica ha assunto, negli ultimi anni, un ruolo centrale nel dibattito mondiale in relazione a quattro fattori principali: la non riproducibilità delle risorse naturali, l'aumento esponenziale dei consumi, gli interessi economici e la salvaguardia dell'equilibrio ambientale e climatico del nostro Pianeta. E' necessario, dunque, cambiare il modello di produzione e consumo dell'energia soprattutto nelle città, dove si ha la massima concentrazione dei consumi energetici.

Per queste ragioni, il ricorso alle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) si configura ormai come una misura necessaria, opportuna ed urgente anche nella pianificazione urbanistica.

Per migliorare la prestazione energetica complessiva del sistema città bisogna implementare politiche di governo delle trasformazioni che escano da una logica operativa "edificio-centrica" e ricomprendano, oltre al singolo manufatto, le aggregazioni di manufatti e le loro relazioni/ interazioni in termini di input e output materico-energetiche.

La sostituzione generalizzata del patrimonio edilizio esistente con nuovi edifici ipertecnologici, è improponibile. In che modo **quindi, è possibile ridefinire la normativa e la prassi urbanistica per generare tessuti edilizi energeticamente efficienti?**

La presente ricerca propone l'integrazione tra la nascente pianificazione energetica del territorio e le più consolidate norme urbanistiche, nella generazione di tessuti urbani "energy saving" che aggiungano alle prestazioni energetico-ambientali dei singoli manufatti quelle del contesto, in un bilancio energetico complessivo.

Questo studio, dopo aver descritto e confrontato le principali FER oggi disponibili, suggerisce una metodologia per una valutazione preliminare del mix di tecnologie e di FER più adatto per ciascun sito configurato come "distretto energetico".

I risultati di tale processo forniscono gli elementi basilari per predisporre le azioni necessarie all'integrazione della materia energetica nei Piani Urbanistici attraverso l'applicazione dei principi della perequazione nella definizione di requisiti prestazionali alla scala insediativa, indispensabili per un corretto passaggio alla progettazione degli "oggetti" e dei "sistemi" urbani.

## ABSTRACT

The energy issue has recently become crucial in the global debate in relation to four main factors: the non-reproducibility of natural resources, the exponential increase in consumption, the economic interests and the preservation of the environment and climate of our Planet. It is therefore necessary to change the pattern of production and consumption of energy, especially in cities where the highest consumption of energy is concentrated.

For these reasons, the use of Renewable Energy Sources (RES) is now beginning to look as essential, appropriate and urgent even in urban planning.

To improve the overall energy performance of the city system the government policies should come out of a "building-centric" operative logic covering, in addition to individual estates, the aggregations of buildings and their relationships/interactions in terms of input and output of matter-energy.

The widespread replacement of existing estates with new hyper-technology buildings, is unlikely. **So how, can we redefine rules and practices to create energetically efficient urban fabric building?**

This research proposes the integration of the emerging territorial energy planning and the more established zoning in the generation of the urban fabric "energy saving", adding to the energy and environmental performance of individual buildings those of the context, in a global energy balance.

This study, describing and comparing the main RES available today, suggests a methodology for preliminary assessment of the mix of technologies and RES best suited for each site, configured as a "district energy".

The results of this process provide the basics to prepare the necessary actions related to the integration of the energy efficiency in Town Planning through the application of the principles of equalization in the definition of performance requirements to the scale of settlements, which are essential for a correct transfer in the design of the urban "objects" and "systems".

## 0. L'OBBIETTIVO DELLA RICERCA

La questione energetica è oggi centrale nel dibattito mondiale, sia in ambito scientifico sia in ambito sociale, per le sue importanti ricadute politiche ed economiche. Assume, inoltre, una crescente importanza principalmente in relazione a quattro fattori tra loro strettamente interconnessi: “la non riproducibilità delle risorse naturali, l’aumento esponenziale dei consumi, gli interessi economici” (Convegno *Città Energia*, 2011) e la salvaguardia dell'equilibrio ambientale e climatico del nostro Pianeta. Assistiamo, da attori e spettatori, al moltiplicarsi di iniziative in ambito internazionale che spingono verso un uso sostenibile e razionale dell’energia.

Negli ultimi anni anche la pianificazione urbanistica ha assunto tra i suoi principali obiettivi il grande tema dell’energia, dalla produzione alla distribuzione, fino al suo utilizzo. Tuttavia, salvo limitate eccezioni, questa nuova considerazione non è ancora stata tradotta in azioni concrete.

La forte accelerazione impressa dallo sviluppo tecnologico ha contribuito alla rapida trasformazione dello spazio urbano, rendendo necessario un ripensamento dei modelli e dei tessuti urbani che caratterizzano le nostre città. In particolare, il ricorso alle Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) si configura oggi come una misura necessaria e urgente, in relazione anche ad altre scelte, legate ad alcune delle macro questioni del nostro tempo: pace, sicurezza sociale, tutela e salvaguardia ambientale, sviluppo equo e sostenibile, una migliore distribuzione delle risorse e delle opportunità sociali. La sostituzione delle fonti fossili con quelle rinnovabili ha dei limiti intrinseci, che saranno trattati specificatamente più avanti, solo in parte superabili con il prevedibile progresso tecnologico. È quindi necessario cambiare il modello di produzione e consumo dell’energia, soprattutto nelle città, dove si rileva la massima concentrazione dei consumi energetici. Le città debbono adattare la propria struttura spaziale, in funzione della natura e della disponibilità delle risorse energetiche locali.

Occorre notare anche che la questione energetica finora è stata affrontata sottovalutando la dimensione urbana, prendendo come riferimento soltanto gli edifici e limitandosi a quelli di nuova costruzione. È evidente che i risultati raggiungibili, intervenendo solo sulla costruzione dei nuovi edifici, sono modesti rispetto alla complessità e all’ampiezza della problematica. Per migliorare la prestazione energetica complessiva del sistema-città è, invece, necessario implementare politiche di governo delle trasformazioni, che escano da una logica operativa “edificio-centrica” e ricomprendano, oltre al singolo manufatto, le aggregazioni di manufatti e le loro relazioni/interazioni in termini di input e output materico-energetiche. Non a

caso, si rileva un interesse crescente per i nuovi quartieri ecologici, spesso totalmente autosufficienti sotto il profilo energetico, come dimostrano gli innumerevoli esempi internazionali.

I risultati del *Rapporto globale sugli insediamenti umani 2011* pubblicato dall'Onu sottolineano che, se le cose non cambieranno, il mondo rischia una “collisione mortale tra i cambiamenti climatici e l'urbanizzazione”. La crescita delle aree urbane è infatti un fenomeno costante: Joan Clos, direttore esecutivo del programma delle Nazioni Unite, ha affermato che “abbiamo superato la soglia del 50% della popolazione mondiale che vive in aree urbane. Non ci sono segnali che indicano una diminuzione di questo trend di crescita e sappiamo anche che, con l'urbanizzazione, il consumo energetico è molto più alto”. Dall'analisi effettuata, risulta infatti che “quasi il 70% delle emissioni nocive è provocato proprio dalle città, nonostante queste realtà occupino solo il 2% del suolo terrestre” (*Cambiamenti climatici e aree urbane: si rischia uno scontro mortale*, Virgilio Go Green, in *News, Ambiente & Energia*, <http://gogreen.virgilio.it/>, 31/03/11).

Dunque le città non possono continuare a crescere importando energia, quindi gli strumenti urbanistici devono essere aggiornati in base a questa nuova esigenza. Una sostituzione generalizzata del patrimonio edilizio esistente, con nuovi edifici iper-tecnologici, è improponibile. Occorre quindi spostare l'attenzione su elementi diversi, su fattori alternativi e possibili: non più il singolo edificio, ma i tessuti edilizi.

La questione si può porre dunque in questi termini: **è possibile definire una normativa e una prassi urbanistica capaci di generare tessuti edilizi energeticamente efficienti?** La presente ricerca intende rispondere a tale quesito, proponendo l'integrazione tra la nascente pianificazione energetica del territorio con le più consolidate norme urbanistiche, che dovranno generare tessuti urbani *energy saving* nelle relazioni e interazioni tra componenti ambientali e costruite, integrando le prestazioni energetico-ambientali dei singoli manufatti nel loro contesto in un bilancio complessivo. Si tratta, in altri termini, di esaminare il rapporto tra innovazione del modello energetico e nuove forme di governo del territorio.

L'urbanistica è pertanto chiamata “a trarre nuovi stimoli e maggiore efficacia integrando al suo interno la questione energetica, riconducendo le pratiche in corso a una logica integrata di governo del territorio, evitando nuovi specialismi e un'ennesima pianificazione di settore, condizione peraltro oggi resa difficile dalla stessa normativa” (Martinelli N., Rovigatti P, 2004). Si deve notare, infatti, che la prima Legge Quadro in materia di energia - Legge n.10 del 9 Gennaio 1991 *Norme*

*per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia* - tuttora vigente, da un lato impone ai Comuni con più di cinquantamila abitanti l'obbligo di inserire nel piano urbanistico uno specifico piano energetico, dall'altro pone gli impianti di produzione di energia rinnovabile sotto la competenza statale e regionale, definendoli "opera d'interesse pubblico".

In sintesi, per affrontare la questione energetica, possiamo indicare i temi fondamentali da affrontare nell'integrazione tra pianificazione energetica, metodi e strumenti per il governo del territorio. "Occorre ripensare l'assetto energetico nazionale a partire dalle specificità territoriali locali, rimettendo in gioco scelte ormai superate o non attuabili, anche in base agli errori compiuti, affrontando il tema dell'assetto energetico come componente essenziale di un nuovo patto tra comunità locali e territorio; attraverso progetti in grado di coniugare le identità e le potenzialità locali." (Martinelli N., Rovigatti P., 2004). L'urbanistica è chiamata ad adeguare "i propri apparati cognitivi alle nuove competenze in materia, assumendo l'analisi delle capacità energetiche territoriali come nuovi e imprescindibili elementi del *milieu* locale, che dovrà essere oggetto di specifiche indagini conoscitive per l'elaborazione" (Martinelli N., Rovigatti P., 2004) di piani urbanistici *energy saving*. Questo significa "dare spazio alla questione energetica, tanto nell'analisi che nella progettazione territoriale." Nella formazione o variante dei piani urbanistici futuri sarà necessario pensare prima di tutto al "carburante" (la potenzialità energetica di ogni territorio), "non relegando l'energia tra gli ambiti delle specializzazioni e delle deleghe alla strumentazione di settore" (Martinelli N., Rovigatti P., 2004).

"I piani urbanistici dovranno stabilire regole, condizioni e occasioni per l'utilizzo" delle capacità energetiche locali, in relazione agli specifici tessuti insediativi e alle forme del territorio. Per quanto riguarda le occasioni, in particolare, appare "evidente che le funzioni energetiche territoriali possono essere assunte come nuove occasioni di riscatto territoriale, possibile opzione funzionale per terre perse e luoghi del degrado, ma anche come occasione di valorizzazione ambientale e paesaggistica" (Martinelli N.; Rovigatti P., 2004).

### **Piano energetico, distretti energetici, perequazione energetica: le componenti di uno sviluppo territoriale sostenibile e integrato**

Quello sopra descritto rappresenta un nuovo percorso, un cambio di rotta della *governance* urbanistica e territoriale, legiferato ormai da tempo, ma sostanzialmente disatteso da vecchi e nuovi strumenti di governo del territorio all'atto pratico. Infatti, la già citata Legge n. 10 del 1991, al comma 5 dell'articolo 5, stabilisce che: "I Piani



Regolatori generali di cui alla legge 17 agosto 1942, n. 1150 e successive modificazioni e integrazioni, dei comuni con popolazione superiore a cinquantamila abitanti, devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all'uso delle fonti rinnovabili di energia”.

Questo ci consente di evidenziare due aspetti:

- il primo è che, nella Legge, la pianificazione energetica si materializza come parte integrante della pianificazione territoriale e ciò alle varie scale, con particolare connotazione di operatività proprio alla scala urbanistica comunale;
- il secondo è che, partendo da un'indispensabile, approfondita analisi dei consumi e del fabbisogno energetico e dei principali vettori impiegati in un dato territorio antropizzato, il piano energetico, quale parte integrante della pianificazione territoriale, deve indicare quali possano essere le fonti rinnovabili e alternative ai classici vettori energetici di origine fossile, da cui ricavare l'energia richiesta o, perlomeno, una significativa percentuale di essa, attingendo mediante processi sostenibili al territorio stesso, sviscerandone le caratteristiche e sondandone le potenzialità geotermiche, eoliche, solari termiche e fotovoltaiche, da biomasse, da dinamiche meteo-marine, ecc.” (Gerundo R., Siniscalco A., 2009).

Stabilito che, oltre all'edificabilità, gli strumenti urbanistici devono disciplinare anche le risorse energetiche disponibili sul territorio, è semplice proporre che insieme a vecchie e nuove entità territoriali (Zone, nei vecchi PRG; Ambiti omogenei, nei nuovi PSC) i Piani debbano individuare, a seguito di un'accurata analisi delle capacità energetiche del territorio, **nuovi domini territoriali** a cui attribuire il miglior mix possibile di fonti e tecnologie rinnovabili. Tali domini potrebbero essere denominati **distretti energetici**, in linea con alcune sperimentazioni già in atto. I distretti energetici possono essere definiti, in estrema sintesi, come porzioni del territorio di varia natura (urbano, extraurbano, ecc) in cui “attraverso un mix di soluzioni tecnologiche, è possibile ottimizzare l'interazione tra consumo e generazione locale dell'energia, riducendo i consumi e ricorrendo quanto più possibile alle fonti energetiche rinnovabili” disponibili in loco (Annunziato M., 2007).

Non è un caso se, ad esempio, nella recente revisione (D.G.R. Emilia Romagna n. 1366 del 26 settembre 2011) della Deliberazione dell'Assemblea Legislativa del 4 marzo 2008 *Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici*, la Regione Emilia Romagna, pur continuando a fissare requisiti, livelli prestazionali e dotazioni a carico dei singoli materiali urbani, ha inserito la possibilità, in caso di provati impedimenti

tecnici ed economici, di soddisfare gli obblighi di produzione di quota parte dell'energia termica ed elettrica da FER "... mediante la partecipazione in quote equivalenti in potenza di impianti di produzione di energia elettrica, anche nella titolarità di un soggetto diverso dall'utente finale, alimentati da fonti rinnovabili, da reflui energetici da processo produttivo altrimenti non utilizzabili, ovvero da impianti di cogenerazione ad alto rendimento, siti nel territorio del comune dove è ubicato l'edificio medesimo o in un ambito territoriale sovracomunale nel caso di specifici accordi."

La nuova Disciplina regionale aggiunge inoltre che "... i Comuni, singoli o associati, nell'ambito delle attività di elaborazione e aggiornamento dei pertinenti strumenti di pianificazione urbanistica in forma singola o associata, provvedono:

- ad individuare le parti del territorio per le quali si prevede la realizzazione di infrastrutture energetiche a rete, a servizio del sistema insediativo;
- ad individuare le aree idonee a realizzare gli impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili o mediante cogenerazione ad alto rendimento;
- ad attivare le procedure attraverso cui selezionare, anche con modalità concorsuali, le proposte di intervento più idonee a realizzare le infrastrutture e gli impianti di cui ai precedenti punti, di interesse pubblico e della comunità locale, conformemente a quanto previsto dall'art. 18 e dagli art. 36-bis e seguenti della L.R. 20/2000. Al concorso possono prendere parte i proprietari degli immobili, nonché gli operatori interessati a partecipare alla realizzazione degli interventi.
- a prevedere, in sede di rilascio del titolo edilizio, per i progetti di edifici di nuova costruzione e di ristrutturazioni rilevanti su edifici esistenti, che assicurino una copertura dei consumi di calore, di elettricità e per il raffrescamento in misura superiore di almeno il 30 per cento rispetto ai valori minimi obbligatori [...], un bonus volumetrico del 5%, fermo restando il rispetto delle norme in materia di distanze minime tra edifici e distanze minime di protezione del nastro stradale, nei casi previsti e disciplinati dagli strumenti urbanistici comunali, e fatti salvi i centri storici di cui all'art. A-7 della L.R. n. 20/00 [...]"

I Piani Urbanistici, inoltre, dovranno individuare uno strumento in grado di disciplinare un corretto accesso e un corretto uso delle risorse energetiche, che caratterizzano ciascun territorio. In questo contesto **la perequazione**, oggi sempre più usata per regolare il diritto di edificabilità nelle trasformazioni urbane, potrebbe essere utilizzata anche per disciplinare l'utilizzo delle risorse energetiche.

Sappiamo che, in generale, con il termine *perequazione*, si intende un modo di operare che porta ad una distribuzione uniforme, ma soprattutto equa, di vantaggi e svantaggi tra due o più soggetti accomunati da un qualche fattore unificante.

In particolare, **la perequazione urbanistica** prevede, attraverso lo strumento del Piano Strutturale (utilizzando il termine più diffuso nelle attuali Leggi regionali), l'assegnazione di un medesimo indice di edificabilità a tutti i proprietari delle aree appartenenti alle stesso ambito territoriale soggetto a trasformazione urbana. A ciascun ambito viene attribuita dal Piano una specifica classe di appartenenza (quindi uno specifico indice di edificabilità), in relazione allo specifico stato di fatto e di diritto di riferimento (riqualificazione, espansione, completamento). L'indice così assegnato, indipendentemente dagli usi finali (pubblico o privato) attribuiti dal Piano alle diverse proprietà presenti nell'ambito territoriale di riferimento, può essere utilizzato sulle "porzioni" individuate come edificabili dal Piano Operativo (o, più in dettaglio, dal Piano Urbanistico Attuativo (PUA)).

Allo stesso modo **la perequazione energetica** può assegnare, attraverso lo strumento del Piano Energetico integrato ai Piani Strutturale ed Operativo, il rispetto di un medesimo livello di produzione di energia da FER a tutti i proprietari dei manufatti - esistenti e previsti - appartenenti al medesimo distretto energetico. A ciascun distretto verrà attribuita dal Piano una classe di appartenenza e, quindi, specifici livelli di produttività, in relazione alle caratteristiche del sito (radiazione solare incidente, ventosità, presenza di corsi d'acqua, mix funzionale d'uso, presenze colturali, produttive, presenza di ostruzioni, vincoli, disponibilità di territorio, ecc). La quota di produzione così attribuita potrà essere generata direttamente da piccoli impianti installati sui singoli manufatti a scala edilizia, se tale operazione risulterà tecnicamente eseguibile, economicamente vantaggiosa e competitiva rispetto ad altre possibili soluzioni. In caso contrario, il proprietario potrà far "decollare" la quota di produzione attribuita alla propria utenza, facendola "atterrare" su impianti di taglia medio-grande realizzati a scala insediativa su aree che i Piani (Strutturale ed Operativo) avranno appositamente individuato perché considerate le più idonee, in termini ambientali ed economici, ad accogliere impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili supportate da infrastrutture energetiche a rete a servizio del sistema insediativo. Le differenze nell'uso di un piccolo o di un grande impianto di produzione dell'energia, sono le stesse - a scala edilizia - di un impianto autonomo per il riscaldamento rispetto a quello centralizzato.

La ricerca vuole contribuire alla definizione di uno strumento pratico di riferimento, per selezionare le diverse alternative disponibili, e funzionale all'individuazione del mix di fonti energetiche rinnovabili più adatto a ciascun sito, in relazione alle sue

specifiche caratteristiche territoriali. L'obiettivo è fornire uno strumento di diagnosi energetica sito-specifica, i cui risultati costituiscano gli elementi basilari per la definizione delle azioni necessarie all'integrazione della sostenibilità energetico-ambientale nei nuovi Piani Urbanistici, nel passaggio alla progettazione e riqualificazione dei materiali e dei sistemi urbani: elementi utili in particolare per l'aggiornamento delle regole di riassetto territoriale e urbano per l'uso delle Fonti Energetiche Rinnovabili a tutte le scale dimensionali.

## 1. IL CONTESTO

### 1.1 Sostenibilità: dalla prima definizione all'integrazione negli strumenti di governo del territorio

#### 1.1.1 Significato ed evoluzione del concetto

Sono ormai trascorsi 25 anni dalla pubblicazione del *Rapporto Brundtland*, dal titolo "Our Common Future". Tale documento (formulato da una commissione delle Nazioni Unite presieduta dall'allora Primo Ministro norvegese Gro Harlem Brundtland) contiene una fondamentale definizione di **sviluppo sostenibile**: "Lo sviluppo è sostenibile se soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni.". Dal 1987 si è venuta formando una nuova disciplina ("Sustainable Science" ossia "Scienza della Sostenibilità") fondata "su un approccio integrato e transdisciplinare, orientata a studiare e interpretare la complessità delle interazioni tra economia, società e natura per proporre soluzioni concrete ai problemi complessi che a livello locale e globale minacciano la sopravvivenza stessa dell'Umanità." (Orecchini F., Farioli F., Vitali G., Valitutti V., 2010).

Purtroppo, assieme alla positiva evoluzione del concetto di sostenibilità, stiamo anche assistendo negli anni ad un abuso del termine, che è stato da molti strumentalizzato diventando uno slogan, un alibi all'inerzia, un pretesto demagogico, un marchio commerciale, un emblema ideologico di cui fregiarsi.

È ampiamente riconosciuto che l'umanità sta operando fuori dall'intervallo di variabilità naturale. I cambiamenti ambientali e climatici in atto stanno subendo una progressiva accelerazione e la tipologia, la dimensione e il tasso di incremento di questi mutamenti non trovano alcun precedente nel passato. La Scienza della Sostenibilità cerca da un lato di riconoscere "i limiti esistenti nell'utilizzo delle risorse materiche ed energetiche, nella gestione di rifiuti dei sistemi economici rispetto alle capacità di rigenerazione e di assimilazione del sistema naturale e, dall'altro, di promuovere le migliori capacità di apprendimento, di adattamento e flessibilità dei sistemi sociali, per farvi fronte" (Bologna G., 2003).

In letteratura, una prima importante consacrazione della coscienza ambientalista è la pubblicazione, nel **1972**, del *Rapporto sui limiti dello sviluppo* curato dal Club di Roma, un'associazione non governativa di intellettuali, scienziati, economisti, uomini politici e industriali. In estrema sintesi, le conclusioni del rapporto furono:

1. “Se l'attuale tasso di crescita della popolazione, dell'industrializzazione, dell'inquinamento, della produzione di cibo e dello sfruttamento delle risorse continuerà inalterato, i limiti dello sviluppo su questo pianeta saranno raggiunti in un momento imprecisato entro i prossimi cento anni. Il risultato più probabile sarà un declino improvviso ed incontrollabile della popolazione e della capacità industriale.
2. È possibile modificare i tassi di sviluppo e giungere ad una condizione di stabilità ecologica ed economica, sostenibile anche nel lontano futuro. Lo stato di equilibrio globale dovrebbe essere progettato in modo che le necessità di ciascuna persona sulla terra siano soddisfatte, e ciascuno abbia uguali opportunità di realizzare il proprio potenziale umano” (Club di Roma, *Rapporto sui limiti dello sviluppo*, 1972).

Nel 1980, negli U.S.A., la necessità di munirsi di un nuovo modello di sviluppo, in grado di adeguare la crescita economica ad un'equa distribuzione delle risorse - infragenerazionale e intergenerazionale - è affrontata in maniera ufficiale da un gruppo di ricercatori collegati al governo guidato dal presidente Jimmy Carter, i quali stilano un rapporto noto come *The Global 2000 Report to the President* (Barney G. O., 1980). Sempre nel 1980, si delinea la *Strategia Mondiale per la Conservazione* (WCS), la quale afferma che “per affrontare le sfide di una rapida globalizzazione del mondo, una coerente e coordinata politica ambientale deve andare di pari passo con lo sviluppo economico e l'impegno sociale” (IUCN, UNEP e WWF, 1980).

Questi studi hanno portato alla maturazione della prima definizione sistematica di sviluppo sostenibile, apparsa nel 1987 all'interno del già citato *Our Common Future*.

Da allora la letteratura sull'argomento si è arricchita di alcune decine di definizioni, tese ad implementare il concetto e a definirne meglio alcuni aspetti: basti pensare che lo studioso Pearce, già nel 1989, aveva individuato ben 25 definizioni diverse (Pearce D., 1991).

Il concetto di sviluppo sostenibile, spesso erroneamente assimilato e ridotto a quello di tutela e salvaguardia ambientale, racchiude invece in sé tre dimensioni fondamentali intrinsecamente collegate: non solo l'evidente componente ambientale, ma anche una dimensione economica e una sociale. Proprio questa natura “tridimensionale” permette alla sostenibilità di risolvere le contrapposizioni tra fautori della salvaguardia ambientale e difensori dello sviluppo economico inteso come mera “crescita quantitativa”. La sostenibilità rappresenta “un progetto politico-economico- culturale di vasta portata in grado di portare a coerenza le esigenze ambientali con le esigenze dello sviluppo economico, in un'ottica di lungo periodo. Vengono dunque esplicitamente portati in primo piano gli interessi delle generazioni

future accanto agli interessi delle generazioni presenti, e si vincolano i processi di ottimizzazione economica al rispetto dei limiti alla capacità di riproduzione della biosfera.” (Camagni R., 1996).

Secondo l’approccio sistemico ai problemi della sostenibilità, qualunque azione non deve essere valutata singolarmente, ma in relazione agli effetti che può causare nel sistema in cui e su cui agisce. Dunque occorre sempre considerare i rapporti che intercorrono, e le conseguenze che scaturiscono, dalle interrelazioni tra i tre sistemi economico, sociale e ambientale che insieme contribuiscono a comporre il “sistema globale.” (Montani G., 2007).

I principi dello Sviluppo Sostenibile trovano un altro importante momento di riconoscimento internazionale *nella Conferenza delle Nazioni Unite sull’Ambiente e lo Sviluppo* (UNCED) svoltasi a **Rio de Janeiro nel 1992**. Durante quello che è stato definito *Earth Summit*, 183 Stati, numerosi attivisti portatori di interessi ambientali e molte ONG hanno espresso una comune posizione sintetizzata nello slogan “sviluppo ecologicamente sostenibile, economicamente equo e socialmente giusto”. Questa nuova e più articolata definizione sottolinea la necessità di porre la stessa attenzione agli equilibri intra e infra generazionali della società nel consumo delle risorse, ma anche alla salvaguardia dell’ambiente. Si tratta di un passo avanti importante rispetto alla definizione data dal *Rapporto Brundland*: da questa, infatti, ancora non scaturiva alcuna indicazione sulla necessità di porre attenzione anche al “carico” cui l’ecosistema viene sottoposto proprio dalla società.

Si auspicava, poi, la redazione della *Carta della Terra*: “una sorta di summa dei diritti e doveri ecologici degli Stati e degli individui che valesse, sia pur in forma di “soft law”, a definire l’assetto fondamentale del diritto ambientale internazionale e i principi generali di una sorta di Costituzione Ecologica mondiale di base per l’ulteriore sviluppo sia di quel diritto interno che degli ordinamenti interni in questa materia.”(Garaguso G., 1993). Quello che si è avuto è stata la *Dichiarazione di Rio*, un codice di comportamento etico e ambientale per gli Stati, di portata ridotta e non vincolante per i Paesi firmatari. Tuttavia, questo documento assume grande importanza, perché contiene i 27 principi generali alla base del Diritto in materia di sviluppo sostenibile.

Oltre alla *Dichiarazione di Rio*, la Conferenza ha prodotto altri importanti documenti, tra cui l’**Agenda 21** e la *Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici* (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC).

### **1.1.2 La questione energetica e il Protocollo di Kyoto**

La questione energetica (caratterizzata dall’esaurimento delle fonti fossili, dal conseguente aumento dei prezzi dell’energia, dall’aggravarsi degli effetti ambientali

generati dalle emissioni climalteranti, dall'aumento delle patologie legate all'inquinamento e ai cambiamenti climatici) riguarda trasversalmente, direttamente e non, le tre dimensioni della sostenibilità e rappresenta il principale banco di prova per testare la riuscita delle politiche ambientali, economiche e sociali volte al perseguimento dello sviluppo sostenibile. In particolare, per quanto riguarda le scelte in materia di energia, il principale problema da risolvere riguarda lo stretto legame politico e culturale che associa la crescita economica all'aumento dei consumi energetici. È ormai incalcolabile il patrimonio di dati scientifici che dimostrano come le tecnologie già oggi disponibili consentirebbero il mantenimento competitivo di buoni tassi di crescita, con l'utilizzo di minori quantità di energia, nonché il completo passaggio da una produzione di energia "grigia" ad una "verde". Tuttavia, come dice Jeremy Rifkin: "la globalizzazione non ha funzionato perché l'imposizione è stata dall'alto, dobbiamo invertire questa rotta ed imporre una globalizzazione dal basso. E questo sarà possibile anche quando l'uomo potrà autodeterminarsi energeticamente liberandosi dal monopolio delle multinazionali. Ognuno con la possibilità di auto-prodursi l'energia a basso costo e ambientalmente compatibile. Far partire una rivoluzione energetica quindi".

Riprendendo le vicende che hanno segnato l'evoluzione del concetto di sviluppo sostenibile, arriviamo **al 1997**, l'anno della **Conferenza di Kyoto**, che segna un momento fondamentale nel sancire **la presa di coscienza dei problemi ambientali e climatici** da parte di quasi tutti i Paesi del mondo. Durante la Conferenza venne adottato un protocollo attuativo in cui si prevede l'obbligo, in capo ai Paesi industrializzati, di operare nel periodo 2008-2012 una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti come biossido di carbonio e altri cinque gas serra (ovvero metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, considerato come anno base.

Alcuni Paesi rifiutarono la ratifica del *Protocollo di Kyoto* e, tra questi, gli Stati Uniti: una scelta che ha significativamente indebolito l'azione internazionale, visto che le emissioni **USA** rappresentano il **35% delle emissioni** degli Stati industrializzati. Il Protocollo, inoltre, è entrato in vigore soltanto nel **febbraio del 2005** dopo la ratifica della **Russia**, responsabile del 17,4% di emissioni di CO<sub>2</sub>.

Purtroppo, nonostante siano passati 17 anni dalla sottoscrizione del *Protocollo di Kyoto*, non si registra ad oggi alcuna sostanziale inversione di tendenza nell'atteggiamento dei Paesi maggiormente determinanti nell'azione congiunta di contrasto ai Cambiamenti Climatici.



Dodici anni dopo, nel dicembre del **2009**, si è tenuta la *Conferenza di Copenhagen sui cambiamenti climatici* (COP15), con lo scopo di elaborare un nuovo accordo, in sostituzione del Protocollo di Kyoto ormai prossimo alla scadenza, fissata per il 2012. Nulla di fatto anche in questa occasione: è mancata l'adesione al Protocollo da parte di Paesi la cui azione è determinante per la riduzione delle emissioni di gas climalternati (USA e Cina).

Il medesimo risultato negativo ha avuto, l'anno dopo, la *Conferenza di Cancun*.

Dopo i fallimenti delle conferenze di Copenaghen e Cancun, la **Conferenza** che si è svolta a **Durban**, dal 28 novembre 9 dicembre **2011**, ha segnato solo parziali e limitati successi. Per Legambiente: "I Governi hanno raggiunto un accordo debole, rimandato le decisioni più importanti sui contenuti del Protocollo di Kyoto, preso un impegno poco chiaro per raggiungere nel 2020 un accordo globale che potrebbe lasciarci legalmente vincolati a un aumento della temperatura globale di 4° C, ben oltre i 2° C raccomandati dalla scienza per evitare un cambiamento climatico catastrofico." (Francesca Mancuso, "Conferenza di Durban 2011: accordo raggiunto, ma il Kyoto 2 solo dal 2020", su [www.greenme.it](http://www.greenme.it), 12.12.2011).

### **1.1.3 La questione energetica nel governo del Territorio.**

Come anticipato, il sistema energetico rappresenta oggi il settore che desta le maggiori preoccupazioni a livello internazionale, per il notevole impatto che ha sui sistemi ambientale, economico e politico-sociale. Abbiamo inoltre evidenziato come sia globalmente riconosciuto che l'attuale modello di sviluppo della struttura energetica mondiale, basata sulle fonti fossili convenzionali di energia, non sia più sostenibile.

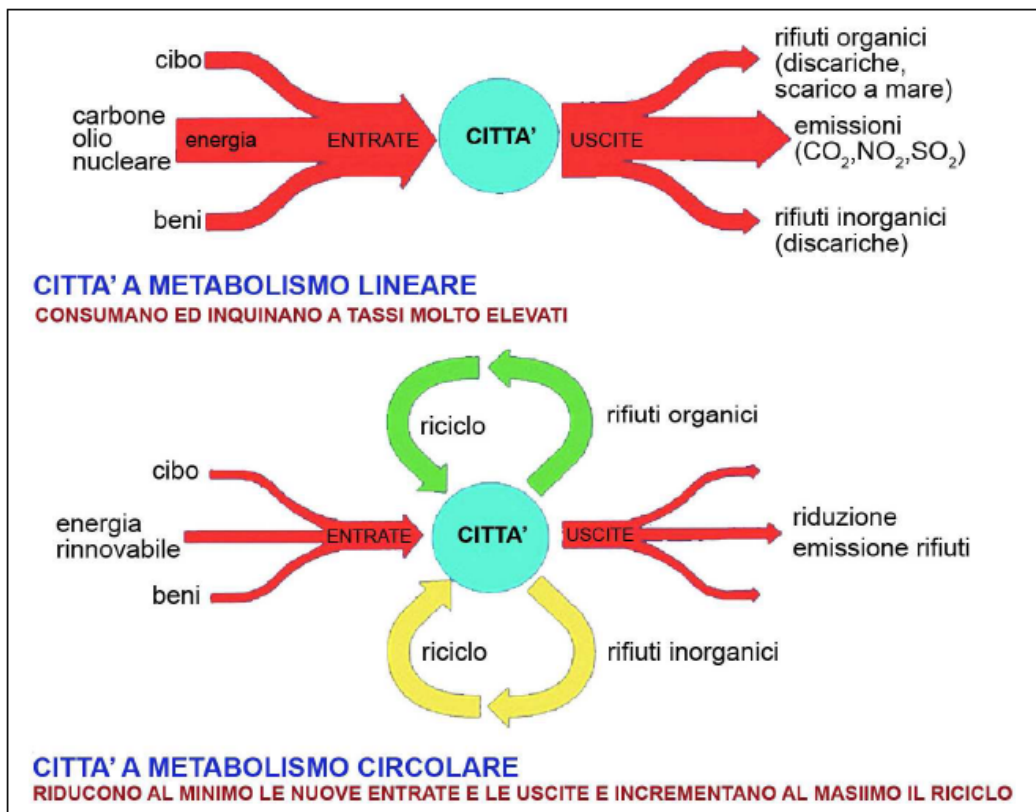
Nonostante i tempi siano maturi, il passaggio dalle parole ai fatti sembra essere ancora lontano. Sono ancora rare le norme e gli strumenti urbanistici che, agendo sinergicamente e a tutte le scale dimensionali, hanno deciso di "incamerare", e quindi implementare, le azioni ormai note per cercare di risolvere la questione energetica.

**Manca la volontà, non la possibilità.** Sono passati quarant'anni dal 1972, dalla pubblicazione del *Rapporto sui limiti dello sviluppo*, ma sino ad ora è rimasto tutto, o quasi, sulla carta. Dobbiamo uscire da questa eterna fase che potremmo definire di "consapevolezza" o "presa di coscienza", per entrare nella fase della "necessità" o "delle urgenze", in risposta alla critica situazione ambientale, climatica, economica ed energetica che caratterizza il nostro pianeta e impatta sulla comunità mondiale (Armellini C., Pingitore, L. (2008, marzo 14); *Il paradigma della sostenibilità nel governo del Territorio* Cecilia, <http://www.verdiananetwork.com>, 12/4/2011).

Per arrivare a questo passaggio fondamentale, è importante partire dalle città, dove risiede oltre il 50% della popolazione mondiale. Tornando a Jeremy Rifkin, è necessario **imporre una globalizzazione dal basso**, ripartendo dalle città e dagli strumenti urbanistici che ne governano le trasformazioni. “Gli strumenti di governo del territorio sono chiamati ad integrare i quattro sistemi - economico, energetico, fisico-ambientale e sociale - di cui la città si compone, perseguendo un modello di città “a metabolismo circolare (Fig. 1.1.3.1), in cui le entrate e le uscite si riducono al minimo, si accresce l’utilizzo delle potenziali risorse interne e si incrementano al massimo il riciclo, il riuso e il recupero”. (Fonti L., Masiello D., 2010).

Analizzando l’attuale quadro strumentale di governo del territorio, si evince che in Italia l’attenzione alla questione energetica rimane ferma ai buoni propositi e a poche emblematiche esperienze. Manca una visione di insieme, in grado di coniugare l’uso del territorio con l’uso delle sue risorse, declinandone la valenza energetica. Se la gestione del territorio mettesse in primo piano la propria possibile indipendenza

Fig. 1.1.3.1 Schema elaborato dal testo *Città per un piccolo pianeta* di R. Rogers



energetica, si creerebbero le condizioni per intercettare e risolvere le questioni di uso democratico delle risorse, di distribuzione delle produzione energetica,

dell'innalzamento della qualità della domanda di energia, così come della diminuzione della richiesta per gli usi finali.

La mancanza di volontà di aggredire e risolvere la problematica energetica può essere facilmente individuata nella limitata e parziale risposta normativa, che restringe il rispetto delle prescrizioni energetico-ambientali (dettate dalle innumerevoli Direttive Europee in materia) agli interventi di ristrutturazione edilizia e di nuova costruzione. È quindi fondamentale andare oltre la scala edilizia, attraverso una serie di azioni di ampia portata, quali ad esempio:

- la rottamazione di parti obsolete delle città, attraverso la sostituzione degli edifici energivori con **edifici** a consumo zero o quasi **zero** ;
- la realizzazione di sistemi integrati urbani per la produzione e la distribuzione di energia (teleriscaldamento, cogenerazione, trigenerazione, ecc.);
- la riduzione del consumo di suolo, attraverso l'incremento della densità: "Costruire sul Costruito";
- la riduzione dell'effetto di isola di calore, attraverso la densificazione e il maggior uso del "verde" (privato e pubblico) e del "bianco" (materiali con un'albedo<sup>[1]</sup> alta);
- la promozione della mobilità sostenibile: più mezzi pubblici, per ridurre la mobilità privata di massa.

Tutto questo è in là da venire. Ancora oggi assistiamo alla formazione di strumenti urbanistici che non hanno interiorizzato le questioni energetiche, ma che anzi confondono la tutela del paesaggio con la negazione dell'uso del fotovoltaico e dell'eolico, anche se in aree non di pregio, permettendo al contempo la trasformazione di pregiate aree agricole in aree urbane, come se l'una cosa fosse meno concorrente alla sostenibilità dello sviluppo del territorio dell'altra. Perché alcuni ambientalisti accettano un traliccio dell'alta tensione, mentre sono fermamente contrari ad una pala eolica? È evidente che sussiste un serio problema di informazione: dovrebbe essere chiaro che, anche a parità di impatto ambientale, il traliccio trasporta energia che arriva dall'estero e arricchisce altri Paesi; mentre la pala eolica produce energia e la sua realizzazione e gestione creano valore e lavoro sul territorio, producendo ricchezza per il nostro Paese.

## **1.2 Rassegna degli strumenti di valutazione a scala edilizia**

L'applicazione dei principi dell'architettura bioclimatica (o *Green Building*), agli edifici di nuova costruzione, oppure oggetto di interventi di ristrutturazione, permette di migliorarne la qualità ambientale e di abbatterne l'impatto sull'ecosistema.

Negli ultimi anni è stata condotta a livello internazionale un'intensa attività di ricerca volta allo sviluppo di sistemi di certificazione energetico-ambientale, tutti di tipo

esigenziale-prestazionale, per la valutazione della performance degli edifici durante il loro intero ciclo di vita. Alcuni di questi sistemi hanno raggiunto una definizione tale da permettere ad utenti e investitori di ottenere un'indicazione precisa della performance della costruzione. Tali sistemi, inoltre, permettono di definire in maniera oggettiva cosa si intende per qualità ambientale della costruzione.

### 1.2.1 BREEAM / EcoHomes

Il *Building research establishment environmental assessment method (BREEAM)*, creato nel 1990 in Gran Bretagna, è considerato il **capostipite dei sistemi di valutazione/certificazione energetico-ambientale** ed è stato preso come punto di riferimento per tutti i metodi analoghi sviluppati successivamente.

Si tratta di un sistema su base volontaria, che prevede una scala di punteggi: da “Pass” per il livello base, a “Excellent” per il punteggio massimo. Per ottenere lo *score* finale, vengono attribuiti punteggi ad alcuni parametri specificatamente individuati: energia, accessibilità al sito con mezzi pubblici, inquinamento, materiali impiegati, risparmio idrico, utilizzo del territorio, qualità della vita all'interno dell'edificio. Il BREEAM consente, con criteri diversi, di certificare edifici di varie tipologie (pubblici, come scuole e ospedali; commerciali; residenziali, in particolare con il sistema *EcoHomes*) ed anche ogni singola fase del ciclo di vita dell'edificio. La certificazione BREEAM richiede l'intervento di certificatori autorizzati dal Building Research Establishment. ([www.breeam.org](http://www.breeam.org), 12/01/2011).

### 1.2.2 LEED – Green Building Rating System.

Il *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)* è uno schema di valutazione della qualità energetico-ambientale delle costruzioni, in uso dal marzo 2000, di applicazione volontaria, orientato al mercato e formato su una base di consenso. Il sistema è stato promosso dall'US Green Building Council, organizzazione nazionale non-profit fondata nel 1993.

Il LEED è destinato ai progettisti e ai gestori dei processi di costruzione di edifici commerciali, pubblici, residenziali di nuova costruzione, ma può essere utilizzato anche per gli edifici esistenti oggetto di un intervento di ristrutturazione.

Il metodo di certificazione è stato ideato come una checklist ed organizzato in base ad alcune specifiche problematiche ecologiche familiari agli architetti. Questa sua prerogativa ne facilita l'uso nel processo di progettazione, permettendo di definire quali obiettivi di qualità ambientale si intendono raggiungere.

L'applicazione del sistema è sotto forma di autocertificazione: non è contemplata la figura di un certificatore come nel BREEAM, ma è il progettista stesso che si preoccupa di raccogliere i dati per la valutazione e di inviarli all'organismo

certificatore.

La finalità del LEED è quella di verificare quante e quali misure ecologiche siano state adottate e implementate nella costruzione.

I criteri contemplati dal metodo LEED per valutare la qualità ambientale della costruzione sono raggruppati in sei categorie: insediamenti sostenibili, consumo efficiente di acqua, energia e atmosfera, materiali e risorse, qualità degli ambienti indoor, progettazione e innovazione. Ogni categoria prevede uno o più prerequisiti prescrittivi, che devono essere soddisfatti in ogni caso, e un numero di requisiti di performance ambientale che attribuiscono un punteggio all'edificio. Il sistema si basa sull'attribuzione di crediti per ciascuno dei requisiti caratterizzanti la sostenibilità di un edificio: dalla somma dei crediti ricevuti, si ottiene il livello di certificazione ([www.usgbc.org](http://www.usgbc.org), 15/03/2011).

### **1.2.3 Green Building Challenge**

Il *Green Building Challenge* (GBC) risulta abbastanza diverso rispetto ai due sistemi precedentemente analizzati, perché mira a costituire uno strumento generale, in quanto non elaborato in relazione ad un luogo ben preciso, e molto versatile perché reso adattabile alle caratteristiche locali. Il GBC è uno sforzo collaborativo internazionale per lo sviluppo di uno strumento di valutazione ambientale degli edifici, che valuta e mette in evidenza gli aspetti controversi delle prestazioni degli edifici, dal quale i Paesi coinvolti nella ricerca possono anche trarre spunti per modificare altri strumenti già a propria disposizione.

Il processo del GBC è gestito dall' *International Initiative for a Sustainable Built Environment* (IISBE), che si occupa di organizzare e gestire la macchina GBC. Il GBC 2002 segue la strada già tracciata dal processo del GBC'98 e GBC2000: gli edifici così certificati sono stati presentati alla *Sustainable Building 2002 Conference* (SB2002), che si è tenuta a Oslo nel settembre 2002. I partecipanti a questa esperienza sono stati: Australia, Brasile, Canada, Cile, Corea, Giappone, Hong Kong, Stati Uniti, Israele, Finlandia, Francia, Italia, Norvegia, Polonia, Spagna, Svezia.

In sostanza, il Green Building focalizza l'attenzione sul miglioramento delle prestazioni degli edifici in quegli ambiti che risultano rilevanti in un contesto più ampio di sviluppo sostenibile, tra cui: la riduzione dei gas che provocano l'effetto serra (GHG), delle emissioni di CO<sub>2</sub> e di altre emissioni che provocano effetti simili; la riduzione dell'acidificazione (emissioni di SO<sub>2</sub> equivalenti) e degli altri effetti nocivi per gli ecosistemi; la riduzione dell'uso delle risorse limitate, quali i combustibili non rinnovabili, i materiali, la terra e l'acqua. Tutto ciò deve essere realizzato parallelamente al raggiungimento delle condizioni ottimali per la salute umana.

La principale caratteristica, che differenzia il *GBTTool* (cioè lo strumento applicativo del metodo di valutazione) dagli altri sistemi di certificazione attualmente a disposizione, è data dal fatto che è stato progettato per rispecchiare le differenti priorità, tecnologie, tradizioni costruttive e perfino i valori culturali che esistono nelle varie regioni e nei vari Paesi.

Questo strumento di valutazione può essere utilizzato interamente o solo in parte. La versione del *GBTTool* utilizzata nel GBC 2002 consiste in un singolo file di Excel composto, oltre che da due fogli di lavoro destinati a tutti gli utenti (Intro e ID), da fogli di lavoro suddivisi in quattro sezioni principali, organizzati secondo le disposizioni dettate dai responsabili della compilazione stessa.

La struttura di valutazione del GBC è organizzata gerarchicamente in quattro livelli prestazionali, in cui i livelli superiori sono logicamente derivati dall'aggregazione ponderata dei livelli sottostanti: Requisiti generali, Categorie, Criteri, Sub-criteri. I requisiti dei quali si vogliono valutare le prestazioni sono:

1. Uso di risorse
2. Carichi dei servizi
3. Qualità ambientale interna
4. Qualità del servizio
5. Prestazioni economiche
6. Gestione del processo

Il soddisfacimento dei primi tre requisiti generali risulta obbligatorio, secondo quanto disposto dal GBC 2002, mentre gli altri sono facoltativi. Un settimo requisito, che non risulta però operativo nel GBC 2002, è quello del trasporto pendolare.

Ogni requisito prestazionale contiene parecchie categorie, che costituiscono le caratteristiche di prestazione principali, che collettivamente definiscono le prestazioni generali dell'edificio oggetto di studio. Le categorie risultano valide per una vasta gamma di tipi edilizi e sono uno strumento immediato di comunicazione dei risultati di una valutazione GBC 2002.

I criteri e i sub-criteri costituiscono il livello elementare di valutazione e vengono misurati attraverso una scala di valori che da -2 a +5. Diversamente dalle categorie, che risultano generiche e largamente applicabili, i criteri ed i sub-criteri sono molto più specifici. In molti casi i criteri costituiscono il livello più basso della valutazione, in altri casi sono ricavati dall'aggregazione di diversi sub-criteri:

- i Criteri rappresentano aspetti distinti delle prestazioni dell'edificio e sono sottoinsiemi specifici e logici delle categorie;

- i Sub-criteri rappresentano il blocco base dell'edificio (cioè il più basso livello della descrizione) della struttura di valutazione globale.  
(<http://greenbuilding.ca>, 7/04/2011).

#### **1.2.4 Protocollo ITACA**

Il sistema sviluppato nell'ambito del processo GBC è stato utilizzato dal gruppo di lavoro sulla bioedilizia di Itaca (Associazione Federale delle Regioni e Province Autonome), come base per sviluppare una proposta di sistema di valutazione dell'impatto ambientale delle costruzioni. Il metodo, denominato "Protocollo Itaca", ha adottato la struttura, il sistema di pesatura e di attribuzione del punteggio del GBC, modificandoli per adattarli al contesto italiano. Ad esempio, i criteri di valutazione sono stati organizzati in schede esemplificative contenenti anche le indicazioni sui metodi di verifica e sulle strategie progettuali più adeguate per ottenere un punteggio elevato. Il sistema di valutazione vuol essere uno strumento a disposizione delle pubbliche amministrazioni nazionali, per stimare oggettivamente la qualità ecologica di una costruzione, al fine di disporre l'erogazione degli incentivi economici a chi costruisce in bioedilizia.

Il Protocollo individua delle aree di valutazione, articolate in categorie di requisiti (o categorie di criteri, secondo l'ultima revisione del Protocollo ad aprile 2011) che contengono, a loro volta, i singoli requisiti (o criteri). Questi ultimi sono caratterizzati da obiettivi e strategie progettuali essenziali, ma sufficientemente chiari per risultare efficaci. Le aree di valutazione sono:

- Qualità del sito;
- Consumo di risorse;
- Carichi ambientali;
- Qualità ambientale indoor;
- Qualità del servizio;
- Qualità della gestione.

I criteri (o requisiti) sono strutturati in schede e ogni scheda contiene:

- dati generali del criterio: area di valutazione e categoria;
- esigenza da soddisfare;
- peso del criterio e indicatore di prestazione con relativa unità di misura;
- scala di prestazione;
- metodi e strumenti di verifica;

Tali criteri sono di carattere prestazionale, ma offrono all'operatore del processo edilizio anche suggerimenti sulle soluzioni progettuali più opportune per il



soddisfacimento del criterio stesso, nella convinzione che spesso anche un piccolo aggiornamento può contribuire al raggiungimento di livelli di qualità superiori rispetto alla pratica diffusa. ([www.itaca.org](http://www.itaca.org), 12/11/2011)

### **1.2.5 HQE<sup>2</sup>R**

*Recupero sostenibile del costruito per un quartiere urbano sostenibile* (HQE2R) è un progetto finanziato dall'Unione Europea all'interno del Quinto Programma Quadro - "Energy Environment and Sustainable Development". Il progetto è stato avviato nel settembre 2001, sotto il coordinamento del Centre Scientifique et Technique du Batiment (CSTB - Francia), combina attività di ricerca e dimostrazione con la cooperazione di 10 partner europei ed è collegato con 14 casi studio in altrettante città europee. Obiettivo del progetto è lo sviluppo di una nuova metodologia e degli strumenti necessari a promuovere lo sviluppo sostenibile e la qualità della vita, alla scala cruciale del quartiere urbano. HQE2R si propone di fornire strumenti di supporto alle decisioni degli amministratori e degli operatori locali, concentrandosi sulle aspettative degli abitanti e dei fruitori del quartiere. Con questo approccio integrato, intende fornire un quadro metodologico da applicare alle città europee e si avvale dei casi studio, come quartieri tipo sui quali testare la metodologia.

Gli elementi presi in considerazione nello sviluppo della metodologia e degli strumenti operativi sono:

- il miglioramento della qualità dell'ambiente costruito, strettamente collegato ai bisogni espressi dagli attori interessati (fruitori) e, in particolare, il miglioramento inerente il comfort e la riduzione dei costi di gestione e manutenzione degli edifici residenziali e non residenziali (economie nell'uso dell'energia, nei consumi di acqua, ottimizzazione delle materie prime).
- Il miglioramento della qualità della vita, attraverso uno sviluppo urbano rispettoso dell'ambiente: limitazione delle espansioni, uso più efficiente degli spazi pubblici, creazione di piste ciclabili, aree pedonali e zone verdi; sviluppo di coerenza e sinergie tra i livelli del quartiere e della città; promozione del partenariato e formazione della capacità di partecipazione della comunità locale.
- Il controllo dei costi e l'applicazione di metodi di gestione, che consentano a tutti gli attori coinvolti di dividerli.
- Il controllo delle espansioni urbane e degli interscambi, attraverso la gestione dell'impatto ambientale ed economico dell'uso dello spazio, anche mediante il controllo della mobilità e del trasporto pubblico alle scale del quartiere, della città e della conurbazione.

([www.hqe2r.cstb.fr](http://www.hqe2r.cstb.fr), 10/01/2011)



### 1.2.6 Tabella di riepilogo e confronto

<i>Sistema di certificazione/ valutazione</i>	<u>BREEAM</u> (Building Research Establishment Environmental Method)	<u>LEED</u> (Leadership in Energy and Environmental Design)	<u>GBC</u> (Green Building Challenge)	<u>Protocollo ITACA</u> (Istituto per la trasparenza l'aggiornamento e la certificazione degli appalti)
<i>Definizione</i>	Strumento di tipo commerciale per la valutazione della qualità ambientale	Schema di valutazione della qualità energetico ambientale	Strumento operativo per la valutazione dell'impatto ambientale di una costruzione	Protocollo per la valutazione della sostenibilità degli edifici
<i>Sistema di riferimento</i>	-	-	-	GBC
<i>Luogo di applicazione</i>	Gran Bretagna	Stati Uniti	Istituti ed Enti di ricerca pubblici e privati di 24 nazioni diverse	Italia
<i>Campo di applicazione</i>	locale	locale	mondiale	locale
<i>Caratteristiche</i>	Limiti strutturali perché legato alla regione geografica di origine	Limiti strutturali, perché legato alla regione geografica di origine. Checklist legate alle condizioni contestuali delle regioni di origine facilitano l'uso nel processo di progettazione	Adattabile alle condizioni locali in cui viene applicato, pur mantenendo la stessa struttura di base. Si intende testare continuamente il sistema, affinché divenga lo standard internazionale di riferimento	Adozione della struttura del GBC adattata al contesto italiano
<i>Obbligatorietà dell'applicazione</i>	volontaria	volontaria	volontaria	volontaria
<i>Destinazione</i>	Uffici, residenze, edifici industriali, supermercati sia di nuova realizzazione che esistenti	Edifici commerciali, pubblici, residenziali sia di nuova costruzione che esistenti oggetto di ristrutturazione	Edifici di nuova costruzione o ristrutturati	Appalti pubblici
<i>Soggetto della certificazione</i>	Certificatori autorizzati dal BRE	Progettista che raccoglie i dati e li invia all'organismo certificatore (l'applicazione del sistema è sotto forma di autocertificazione,	Il processo è condotto dall' <i>International Framework Committee</i> e coordinato dall'Associazione Internazionale IISBE	Tavoli tecnici costituiti da tecnici regionali, rappresentanti di amministrazioni statali e locali e organismi rappresentativi di specifiche categorie di

		non c'è la figura del certificatore)		settore
<p><i>Classi di certificazione</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pass</li> <li>• Good</li> <li>• Very good</li> <li>• Excellent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificato</li> <li>• Argento</li> <li>• Oro</li> <li>• platino</li> </ul>	<p>Da -2 a +5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• -2 = prestazione scadente</li> <li>• 0 = prestazione base</li> <li>• +3 = migliore pratica costruttiva corrente</li> <li>• +5 = prestazione ideale</li> </ul>	<p>Somma pesata dei punteggi attribuiti alle prestazioni raggiunte da ciascun requisito individuato (da -1 a +5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• -1= prestazione inferiore a quella minima accettabile</li> <li>• 0 = prestazione minima</li> <li>• +1= moderato miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente</li> <li>• +2 = miglioramento della prestazione</li> <li>• +3 = significativo miglioramento, da considerarsi come la migliore pratica corrente</li> <li>• +4= moderato incremento della pratica corrente migliore</li> <li>• +5= prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla pratica corrente migliore, di carattere sperimentale.</li> </ul>

<p><i>Aree di valutazione</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protezione dello strato di ozono</li> <li>• Utilizzo dell'energia</li> <li>• Qualità degli ambienti interni</li> <li>• Conservazione delle risorse</li> <li>• Luogo e trasporti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insedimenti sostenibili</li> <li>• Consumo efficiente di acqua</li> <li>• Energia e atmosfera</li> <li>• Materiali e risorse</li> <li>• Qualità degli ambienti indoor</li> <li>• Progettazione e innovazione</li> </ul>	<p>Compilazione obbligatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo di risorse</li> <li>• Carichi ambientali</li> <li>• Qualità degli ambienti indoor</li> </ul> <p>Compilazione facoltativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualità del servizio</li> <li>• Economia</li> <li>• Gestione</li> <li>• Trasporti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualità del sito;</li> <li>• Consumo di risorse;</li> <li>• Carichi ambientali;</li> <li>• Qualità ambientale indoor;</li> <li>• Qualità del servizio;</li> <li>• Qualità della gestione.</li> </ul>
-----------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 1.3 L'approccio esigenzial - prestazionale nella disciplina urbanistica

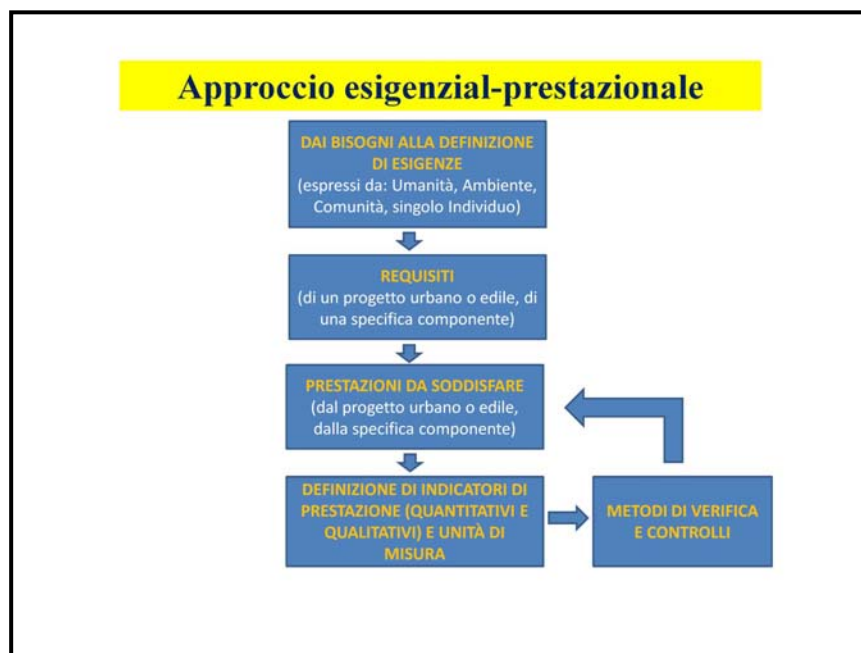
Tutti gli strumenti di valutazione della sostenibilità energetico-ambientale sopra descritti utilizzano l'approccio "esigenzial-prestazionale"<sup>[2]</sup>. Si tratta di uno strumento aperto e flessibile, aggiornabile in maniera semplice, agendo sulle specifiche di prestazione (cosa chiediamo), e adattabile ad ogni singola realtà locale (quanto chiediamo), coerentemente con le condizioni del contesto.

L'approccio prestazionale prevede l'individuazione di obiettivi, non di soluzioni predefinite, ed è coerente con il principio che vede nell'attenzione al luogo un aspetto imprescindibile della qualità ambientale. La flessibilità e l'adattabilità degli obiettivi prestazionali e dei relativi misuratori consentono una loro applicazione variabile, dalla scala dimensionale del componente edilizio all'edificio, fino alla scala territoriale.

"L'approccio prestazionale definisce la grammatica di un linguaggio e lo strumento che consente al gruppo di lavoro multidisciplinare di raggiungere gli stessi obiettivi comuni con modulazioni e combinazioni variabili di diverse strategie pianificatorie e progettuali." (Mingozzi A., *Requisiti di sostenibilità ambientale dell'intervento edilizio*, in <http://www.casaqualita.it>, 12/2/2010).

L'approccio prestazionale è, quindi, una buona base metodologica, ormai assunta da gran parte della normative edilizie, che potrebbe essere utilizzata con successo anche dalla strumentazione urbanistica e territoriale, per valutare, seppur con più ampi margini di discrezionalità, il raggiungimento degli obiettivi fissati dalla pianificazione.

Lo schema seguente sintetizza la logica di funzionamento dell'approccio prestazionale: **esigenze-requisiti-prestazioni**.



#### **1.4 Un esempio pratico di applicazione dell'approccio esigenziale – prestazionale nei regolamenti urbanistici: il Regolamento Edilizio Tipo della Regione Emilia Romagna**

Un esempio pionieristico di applicazione dell'approccio esigenziale-prestazionale è quello svolto, fin dagli anni Ottanta, dalla Regione Emilia Romagna. La Regione ha infatti introdotto nel suo Regolamento Edilizio Tipo, secondo criteri prestazionali, alcuni requisiti, definiti *cogenti*, che gli interventi edilizi devono rispettare. Ha poi definito dei requisiti *volontari* per la realizzazione e il controllo di progetti ecosostenibili.

I requisiti prestazionali *volontari* seguono una metodologia progettuale multiscale e multidisciplinare, e guidano il processo edilizio secondo tre fasi tra loro strettamente correlate:

1. l'analisi del sito, ovvero la lettura analitica dei fattori ambientali e dei fattori climatici, dalla quale scaturiscono i dati di progetto funzionali alla definizione degli obiettivi progettuali. L'analisi del sito, nell'ambito della norma, viene considerata un "prerequisito" necessario, senza il quale non è possibile soddisfare i requisiti volontari stessi;
2. la definizione degli obiettivi progettuali che, nell'ambito dei due obiettivi generali di salvaguardia dell'ambiente e di uso razionale delle risorse, orientano la direzione e il livello di approfondimento dell'analisi del sito;
3. l'individuazione e la verifica delle soluzioni, in relazione agli obiettivi progettuali fissati, e la definizione del progetto come sintesi di tutti i fattori coinvolti.

La metodologia progettuale proposta fornisce le basi comuni di dialogo per i diversi attori coinvolti nelle diverse fasi del processo edilizio, ed aggiunge - ai criteri architettonici, strutturali e impiantistici – criteri riguardanti il ciclo della materia, gli aspetti energetici, la qualità dell'aria, la gestione razionale delle risorse idriche, etc. (Mingozzi A., *Requisiti di sostenibilità ambientale dell'intervento edilizio*, [www.casaqualita.it](http://www.casaqualita.it), 12/2/2010).

Nel 2008, in un'ottica di aggiornamento, semplificazione e razionalizzazione del corpo dei "requisiti tecnici delle opere edilizie", ai sensi del comma 1 dell'art. 34 della L.R. n.31 del 2002<sup>[3]</sup> *Disciplina generale dell'edilizia*, la Regione Emilia Romagna ha aggiornato il Regolamento Edilizio Tipo, cercando di fornire degli elementi di regolamentazione in grado di garantire un approccio integrale alla sostenibilità e che costituiscano una base unica di riferimento per il processo decisionale.

Il nuovo quadro regolamentare (Fig. 1.4.1) articola i requisiti in tre sezioni:

- requisiti del processo di progettazione;
- requisiti tecnici a scala insediativa;
- requisiti tecnici a scala edilizia.

Fig. 1.4.1 Elenco dei Requisiti tecnici in materia di sostenibilità edilizia (Allegato 2 della DGRER dell'8 febbraio 2010, n. 194 *Approvazione di uno schema di protocollo d'intesa per la sperimentazione in materia di requisiti tecnici e di sistemi di valutazione della qualità urbanistica ed edilizia.*)

REQUISITI DEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE		
	P1	Analisi del sito
	P2	Integrazione con il contesto
	P3	Criteri di gestione

REQUISITI TECNICI A SCALA INSEDIATIVA		
Protezione dal rumore Dir.89/106/CEE	I1	Controllo dell'inquinamento acustico
Risparmio energetico Dir.89/106/CEE Dir.2002/91/CE Dir.2006/32/CE	I2	Controllo dell'apporto energetico solare
	I3	Controllo dei flussi d'aria
Fruibilità e qualità dello spazio abitato Dir.89/106/CEE	I4	Accessibilità e sicurezza
Risorse idriche	I5	Gestione delle acque meteoriche
Consumo di materiali e gestione dei rifiuti solidi	I6	Recupero, riciclo e riutilizzo dei materiali
	I7	Gestione degli inerti da demolizione e costruzione
	I8	Gestione dei rifiuti nella fase d'uso

REQUISITI TECNICI A SCALA EDILIZIA		
Igiene, salute e benessere ambientale Dir.89/106/CEE	E3	Controllo delle emissioni nocive
	E7	Controllo dell'illuminamento naturale
	E8	Controllo della temperatura
Protezione dal Rumore Dir.89/106/CEE	E11	Controllo del rumore
Risparmio energetico (Del.di A.L. n.156/08 e s.m. ed i.) *  Dir.89/106/CEE Dir.2002/91/CE Dir.2006/32/CE  * I requisiti tecnici sono estratti dalla Del.di A.L. n.156/08 e s.m. e i. a cui si deve fare riferimento per i restanti aspetti collegati o non riportati nella presente testo.	E12	R 6.1.1 Prestazione energetica degli edifici – 1 (Parte seconda, allegato 2, punti 1,7 15)
	E13	R 6.1.2 Prestazione energetica degli edifici – 2 (Parte seconda, allegato 2, punti 3, 15)
	E14	R 6.2 Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico (Parte seconda, allegato 2, punti 4, 5, 6 )
	E15	R.6.3 Controllo della condensazione (Parte seconda, allegato 2, punto 15 )
	E16	R.6.4.1 Contenimento dei consumi energetici in regime estivo: riduzione degli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare nel periodo estivo (Parte seconda, allegato 2, punti 17, 18 )
	E17	R.6.4.2 Contenimento dei consumi energetici in regime estivo: riduzione del fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione nel periodo estivo (Parte seconda, allegato 2, punti 17, 18 )
	E18	R 6.5 Sistemi e dispositivi per la regolazione degli impianti termici e per l'uso razionale dell'energia mediante il controllo e la gestione degli edifici (BACS) (Parte seconda, allegato 2, punti 19 )
	E19	R 6.6 Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER) o assimilate (Parte seconda, allegato 2, punti 12,20,21,22,23,24 )
Fruibilità e qualità dello spazio abitato Dir.89/106/CEE	E20	Spazi minimi per la mobilità pedonale e ciclabile
Risorse idriche	E21	Riduzione del consumo di acqua potabile
	E22	Gestione delle acque meteoriche
Consumo di materiali e gestione dei rifiuti solidi	E23	Recupero, riciclo e riutilizzo dei materiali
	E24	Gestione degli inerti da demolizione e costruzione
	E25	Gestione dei rifiuti nella fase d'uso

Per ogni requisito (Fig.1.4.2) sono definiti:

- l'esigenza da soddisfare;
- il campo d'applicazione, che definisce generalmente la destinazione d'uso e la tipologia d'intervento (ristrutturazione urbanistica, ristrutturazione edilizia, ampliamento, demolizione e ricostruzione, nuova costruzione);

- i livelli di prestazione che fanno espressamente riferimento alla normativa vigente, nel caso il requisito sia attinente ad aspetti normativi regolamentati da norme nazionali, oppure espliciti la prestazione richiesta;

- i metodi di verifica, distinti tra quelli utilizzati in fase progettuale e quelli utilizzati a lavori ultimati. I metodi di verifica in fase progettuale sono quelli utilizzati, dal progettista abilitato, per verificare la conformità del progetto alle prestazioni richieste dai requisiti, al fine di predisporre la dichiarazione prevista all'art.10, comma 1 e art.13, comma 2 della L.R. n. 31/2002 . I metodi di verifica a lavori ultimati sono quelli utilizzati, dal professionista abilitato, per verificare la conformità dell'opera realizzata al progetto approvato secondo quanto previsto al comma 2, art.20 della L.R 31/2002, e quindi predisporre la dichiarazione contenuta nella scheda tecnica descrittiva, nonché per riportare nella scheda tecnica descrittiva le prestazioni fornite in ordine ai requisiti tecnici, ai sensi del comma 1 dell'art. 20 della LR 31/2002.

La vera novità del nuovo Regolamento Edilizio Tipo sta nell'aver introdotto **requisiti prestazionali anche alla scala insediativa**. L'obiettivo auspicato è duplice: facilitare l'applicazione e il rispetto dei requisiti a scala edilizia e accrescere i risultati raggiungibili, in una visione multiscale e multidisciplinare che assuma una più estesa attuazione dei principi della sostenibilità, come guida di ogni trasformazione urbanistica ed edilizia operata sul territorio.

In particolare, i pre-requisiti, i requisiti prestazionali e le relative esigenze, che si applicano alla scala insediativa, sono:

- “pre-requisito P1: *Analisi del Sito*, esigenza: garantire la coerenza delle scelte progettuali con le peculiarità ambientali e climatiche dell'intervento attraverso

Fig. 1.4.2 Scheda pretazionale tipo (Allegato 2 della DGRER 194/2010)

<b>REQUISITO: I 6</b> <b>Recupero, riciclo e riutilizzo dei materiali</b>
Famiglia: Consumo di materiali e gestione dei rifiuti solidi
<b>Esigenza</b> Ridurre i carichi ambientali concependo e realizzando manufatti che prevedano l'impiego di materiali e componenti riciclati e/o di recupero, consentano smantellamenti selettivi delle diverse parti.
<b>Campo d'applicazione</b> Usi: tutti
<b>Livello di prestazione</b> Nel caso in cui il progetto preveda la realizzazione di rilevati, re-interrimenti, riempimenti, sottofondazioni devono essere impiegati materiali e componenti derivanti da attività di riciclaggio in quantità, espresse in volume percentuale, non inferiore del 50% del volume complessivo movimentato. Se l'intervento prevede demolizioni, sbancamenti bisogna implementare azioni per il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero della massima quantità possibile di materiale inerte indicandone usi, quantità e provenienza secondo le modalità consentite dalla normativa vigente.
<b>Metodo di verifica in fase progettuale</b> <i>Relazione tecnica</i> che evidenzi il percorso progettuale rispetto al requisito, motivando le scelte intraprese. Tale relazione dovrà dimostrare il controllo progettuale della direzione dei venti invernali dominanti e delle brezze estive prevalenti e di aver considerato, in fase progettuale, le specifiche riportate nel livello di prestazione.
<b>Metodo di verifica a lavori ultimati</b> <i>Dichiarazione di conformità</i> dell'opera realizzata rispetto al progetto.
<b>Note</b>

un'analisi del sito che comprenda un'adeguata porzione di territorio/città coinvolta dal progetto;

- pre-requisito P2: *Integrazione con il contesto*, esigenza: garantire il corretto inserimento dell'aggregazione di edifici e del singolo manufatto nel contesto urbano ed ambientale, valorizzarne gli elementi di qualità e ridurne o mitigare i problemi, utilizzando i risultati emersi dall'analisi del sito.
- Requisito I1: *Controllo dell'inquinamento acustico*, esigenza: garantire la compatibilità acustica dell'insediamento rispetto alle sorgenti sonore esistenti e di progetto;
- requisito I2: *Controllo dell'apporto energetico solare*, esigenza: concorrere ad un uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche controllando l'accesso al sole agli organismi edilizi, ai sistemi solari attivi e passivi e agli spazi di vita esterni mediante l'utilizzo di un approccio progettuale integrato che controlli l'apporto energetico solare e gli effetti diretti ed indiretti che questo produce sul microclima esterno e sugli edifici;
- requisito I3: *Controllo dei flussi d'aria*, esigenza: concorrere ad un uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche e migliorare il benessere negli organismi edilizi e negli spazi di vita esterni mediante l'utilizzo di un approccio progettuale integrato mirato al controllo dei flussi e dell'intensità dei venti e delle brezze nei diversi periodi dell'anno;
- requisito I4: *Accessibilità e sicurezza*, esigenza: ridurre gli spostamenti con l'auto privata incentivando l'uso di modi di trasporto alternativi, e migliorare le condizioni di sicurezza anche facilitando l'orientamento;
- requisito I5: *Gestione delle acque meteoriche*, esigenza: garantire l'invarianza idraulica e ambientale nella gestione delle acque meteoriche, limitando al massimo gli incrementi delle portate e degli inquinanti sversati siano essi sistemi naturali o artificiali;
- requisito I6: *Recupero, riciclo e riutilizzo dei materiali*, esigenza: ridurre i carichi ambientali concependo e realizzando manufatti che prevedano l'impiego di materiali e componenti riciclati e/o di recupero, consentano smantellamenti selettivi delle diverse parti;
- requisito I7: *Gestione degli inerti da costruzione e demolizione*, esigenza: Ridurre i carichi ambientali prevedendo, in tutte le iniziative di costruzione e demolizione, il riciclo e riutilizzo in situ nella maggiore misura possibile dei prodotti di demolizione, degli scarti di costruzione, di materiali e componenti, o in alternativa, il loro conferimento ad imprese terze che provvedano alla selezione, alla separazione ed alle lavorazioni per il loro successivo riciclo separato e specializzato;



- requisito I8: *Gestione dei rifiuti nella fase d'uso*, esigenza: ridurre i carichi ambientali organizzando la gestione dei rifiuti solidi urbani in modo tale da minimizzare le quantità smaltite in discarica, e massimizzando il risultato materico/energetico delle operazioni di riduzione, restituzione, raccolta differenziata (deposito selettivo – trasporto - recupero e/o riciclo).” (All.2 DGRER 194/2010).

## 2. LA SOSTENIBILITÀ A SCALA INSEDIATIVA

### 2.1 L'applicazione a scala di quartiere: esperienze di sostenibilità in Europa.

Per mostrare le potenzialità intrinseche di un'estesa applicazione delle azioni dettate dai principi generali che sovrintendono il concetto di sviluppo sostenibile, verranno di seguito presentati alcuni casi esemplari di “**quartieri sostenibili**” realizzati in Europa. Si tratta di *best practices*<sup>[3]</sup> di progetti di sviluppo urbano, che evidenziano come l'attuazione di strategie di sostenibilità può produrre risultati significativi, se si opera a scala di quartiere.

La dimensione del quartiere fornisce il campo di azione ottimale per realizzare, gestire e monitorare, le componenti urbane e le loro relazioni, gli input e gli output di materie ed energia e i loro flussi. Il quartiere rappresenta l'ambito in cui si può minimizzare i consumi idrici ed energetici, centralizzare la produzione di energia da FER a costi competitivi, implementare un'efficiente gestione dei rifiuti, promuovere e realizzare la mobilità sostenibile, coinvolgere nelle scelte la Comunità locale. Nessuna delle esperienze presentate è italiana, perché le nostre esperienze nazionali sono contraddistinte da parziali caratteri di sostenibilità: si tratta di interventi che, nel loro processo di realizzazione, hanno dovuto fare i conti con carenti strumenti urbanistici ed edilizi, ostacoli burocratici, politici e culturali.

L'esperienza europea più nota è certamente quella della città di Friburgo, con i quartieri Rieselfeld, Solar Siedlung e Vauban: un'iniziativa nata già negli anni Settanta, come proposta alternativa alla costruzione di una centrale nucleare. Oggi Friburgo accoglie, oltre ai tre quartieri ecosostenibili, anche una grande fabbrica di pannelli fotovoltaici e un'Università tecnica per la ricerca e l'insegnamento di materie ecologiche.

#### **I numeri di Friburgo**

Grazie alla realizzazione degli eco-quartieri, il verde urbano è notevolmente aumentato fino ad arrivare a 7 milioni di mq: 31 mq per abitante.

Gli involucri degli edifici pubblici e privati accolgono pannelli fotovoltaici, per una potenza totale di 10.000 kW, e 14.000 mq di pannelli solari termici. Molti edifici traggono calore e freddo da impianti geotermici, coadiuvati da solare termico e biomasse. L'Amministrazione Comunale concede incentivi, aggiuntivi a quelli federali, per interventi di risparmio ed efficientamento energetico. Le emissioni di gas serra climalteranti sono diminuite del 14% rispetto al 1992, doppiando le previsioni del Protocollo di Kyoto, e l'obiettivo del Piano Strategico approvato nel 2007 punta ad una riduzione complessiva del 40% entro il 2030.

Con 0,42 auto per abitante, la densità veicolare è tra le più basse della Germania: l'uso dell'auto privata è stato fortemente scoraggiato, mediante il rafforzamento del trasporto pubblico e della rete ciclabile, nonché dall'aumento del costo per la sosta e dall'estensione delle “Zone 30”, che coprono il 90% dell'area urbana.

La *green economy* è rappresentata da circa 1.500 imprese che impiegano 10.000 persone ( il 5% della popolazione) e produce un fatturato di circa 500 milioni di euro annui. ([www.freiburg.de](http://www.freiburg.de))

### 2.1.1 Il quartiere Rieselfeld di Friburgo

La progettazione del quartiere parte nel 1992, i lavori iniziano nel 1994 e la sua realizzazione, suddivisa in quattro fasi, è ancora in corso.

Il progetto coinvolge un'area di circa 70 ettari nel quartiere di Rieselfeld, che dispone di 320 ettari in totale: prevede 4.200 unità residenziali, per circa 10.000 - 12.000 abitanti. L'insediamento è caratterizzato da un'alta densità urbana, con edifici a 3-5 piani.

La struttura urbana si sviluppa su una griglia ortogonale (Fig. 2.1.1.1) su cui si basa anche il piano della mobilità che, mediante la realizzazione di un'unica grande "Zona 30"<sup>[4]</sup>, garantisce la priorità alla mobilità ciclo pedonale.

Le scelte energetiche riguardano:

- la forma e l'orientamento degli edifici: compatti ed orientati in modo da massimizzare l'apporto solare sia passivo che attivo;

- l'obbligo di costruire organismi edilizi a basso consumo, con un fabbisogno energetico massimo di 65 kWh/m<sup>2</sup> per anno;

- l'obbligo di collegamento alla rete

di teleriscaldamento, alimentata da un impianto di cogenerazione che utilizza solo fonti rinnovabili (solare termico, biomassa a "pellet"<sup>[5]</sup>, geotermia con "pompe di calore"<sup>[6]</sup>).

Per quanto concerne l'uso razionale dell'acqua, è stato realizzato un sistema di raccolta dell'acqua piovana che, dopo il passaggio in un impianto di fitodepurazione<sup>[7]</sup>, viene rimessa in circolo nelle zone umide della riserva naturale *Freiburger Rieselfeld* estesa su 250 ettari.

Le dotazioni territoriali per la collettività includono scuole primarie e secondarie, una chiesa, una palestra, un centro sociale, un media center.

Non ultima l'attenzione alla qualità del verde, sia pubblico che privato, con la creazione di corridoi ecologici che connettono l'area urbana alla vicina riserva naturale. ([www.freiburg.de](http://www.freiburg.de), 16/09/2011)



Fig.2.1.1.1 Vista aerea quartiere Rieselfeld  
(<http://commons.wikimedia.org>, 04 /12/2011)

### 2.1.2 Il quartiere Vauban di Friburgo

Il quartiere nasce dalla riconversione urbanistica di una ex area militare francese di 41 ettari: i lavori iniziano nel 1996 e terminato nel 2009. Oggi il quartiere ospita 5.000 abitanti, in oltre 2.000 appartamenti.

Il progetto è stato sviluppato mediante un processo partecipato che, coinvolgendo oltre agli amministratori anche i cittadini e gli altri *stakeholders*<sup>[7]</sup> del sistema, ha consentito di rispondere a tutte le esigenze in campo, da quelle economiche ed ecologiche a quelle culturali e sociali.

Il principale obiettivo degli Amministratori, cioè realizzare una realtà urbana che potesse attrarre giovani famiglie, è stato raggiunto in pieno, tanto che nel gennaio 2002 più del 20% dei

residenti erano bambini sotto i 10 anni di età. La richiesta, in particolare per progetti di co-building (cooperative), era superiore alla quantità di lotti disponibili. Sono state create circa 40 cooperative di proprietari e alcune di queste hanno reso possibile la partecipazione anche a famiglie a basso reddito.

La struttura urbana si sviluppa su una griglia ortogonale (Fig. 2.1.2.1), su cui si basa anche il

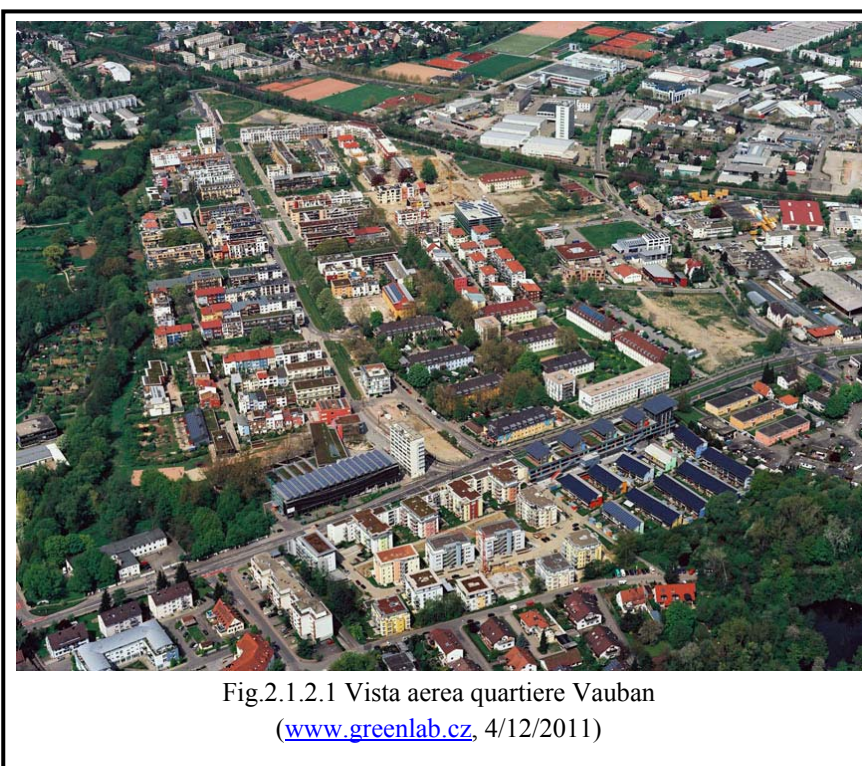


Fig.2.1.2.1 Vista aerea quartiere Vauban  
([www.greenlab.cz](http://www.greenlab.cz), 4/12/2011)

piano della mobilità, che prevede una riduzione delle auto private, con parcheggi posti ai margini del quartiere, un efficiente trasporto pubblico e un sistema di *car sharing*<sup>[9]</sup>. Circa il 40% delle famiglie ha scelto di vivere senza un'auto propria, ricevendo così incentivi economici per non dover utilizzare il parcheggio pubblico pluripiano con copertura fotovoltaica: il così detto *solar garage*.

Le scelte energetiche riguardano in particolare:

- la forma e l'orientamento degli edifici: compatti ed orientati in modo da massimizzare l'apporto solare, sia passivo che attivo. Il 65% dell'elettricità necessaria è prodotto localmente, per mezzo di cogenerazione e fotovoltaico.



- L'obbligo di costruire organismi edilizi a basso consumo. Tutte le abitazioni presentano standard elevati di riduzione dei consumi: 150 unità sono case "passive" (15 kWh/m<sup>2</sup> all'anno) o case "Energy plus", che producono più energia del loro fabbisogno.

- L'obbligo di collegamento alla rete di teleriscaldamento, alimentata da un impianto di cogenerazione ad alta efficienza, a sua volta alimentato da trucioli di legno per l'80% e da gas naturale per il 20%.

Per quanto concerne l'uso razionale dell'acqua, è stato realizzato un sistema di raccolta dell'acqua piovana, che alimenta una rete duale per tutti gli usi diversi da quello potabile. ([www.freiburg.de](http://www.freiburg.de), 16/09/2011)

### 2.1.3 Il quartiere Solarsiedlung di Friburgo

Noto come il quartiere delle *Plus Energy Houses*, è un prototipo progettato e realizzato dall'architetto Rolf Disch.

L'intervento (Fig.2.1.3.1) interessa un'area di 12.000 mq, in cui sono state realizzate 50 abitazioni, mentre un altro edificio per uffici è ancora in costruzione ed ospiterà, sul tetto, 8 ulteriori abitazioni.

Grazie ad una copertura totalmente fotovoltaica, tutti gli edifici producono più energia di quanta ne consumino. Il riscaldamento è alimentato da un rete collegata alla centrale di cogenerazione del vicino quartiere Vauban.

Per la realizzazione e la commercializzazione delle unità abitative è stata creata una società, la Solarsiedlung GmbH, che

gestisce i rapporti con gli interessati, che possono comperare, anche separatamente, l'appartamento e/o il tetto fotovoltaico in tutto o in parte. Tutti gli edifici sono provvisti di un'area verde privata.

Per quanto riguarda la mobilità, l'area è completamente interdetta alle auto, che non possono né circolare né sostare, e circa il 90% degli abitanti del quartiere non



Fig.2.1.3.1 Vista aerea quartiere Solarsiedlung  
([www.ruhreenergy.de](http://www.ruhreenergy.de), 1/12/2011)

possiede un'auto propria, ma può fruire del *solar garage* del Vauban ([www.freiburg.de](http://www.freiburg.de), 16/09/2011)

#### 2.1.4 Il quartiere BedZED di Londra

BedZED o *Beddington Zero Energy Development* è un piccolo quartiere (Fig.2.1.4.1) a sud di Londra, a Sutton, realizzato tra il 2000 e il 2002.

Composto da 87 case, 17 appartamenti e 1405 metri quadrati di commerciale, costituisce un insediamento a zero emissioni di CO<sub>2</sub>, su un progetto di Bill Dunster e della sua equipe: un sistema *eco-friendly development*, ovvero sostenibile e autosufficiente dal punto di vista energetico.



Fig.2.1.4.1 Vista aerea quartiere Bed Zed (<http://warpeduniverse.blogspot.com>, 4/12/2011)

La *ZedFACTORY*, il team di progettisti, e il *Bio Regional Development Group* (il gruppo di sviluppatori, supportato dalla studio

*Ove Arup & Partners*) hanno voluto sviluppare un sistema urbano multifunzionale e facilmente riproducibile a costi ridotti e competitivi.

L'obiettivo "zero CO<sub>2</sub>" è stato raggiunto riducendo del 60% il fabbisogno di energia elettrica e del 90% il fabbisogno di calore, rispetto a quello di un'abitazione tradizionale, attraverso apparecchi *energy saving*, involucri ben isolati e tetti verdi, sistemi di ventilazione a recupero passivo di calore, serre solari abitabili, ma anche, per abbattere gli eccessi di calore estivo, strutture murarie con una forte inerzia termica, sistemi di ombreggiamento e ventilazione naturale favorita dai camini solari.

Il rimanente fabbisogno di energia elettrica è coperto dall'impianto di cogenerazione, alimentato con biomassa di trucioli di legname provenienti dal taglio di alberi locali, e da pannelli fotovoltaici.

Al fine di rendere sostenibile l'intero processo di costruzione, dalla progettazione alla demolizione, per abbattere l'impatto ambientale ed economico, tutti i materiali costruttivi adoperati sono stati reperiti entro un raggio di 40 km e le tecniche costruttive utilizzate sono state quelle della tradizione più veloci ed economiche.

La gestione sostenibile delle risorse idriche è affidata ad un impianto di raccolta delle acque bianche piovane, che riduce il consumo di acqua potabile, mentre le acque

grigie e nere sono raccolte e trattate da un sistema di fitodepurazione contenuto in una serra. ([www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com), 13/12/2011)

### 2.1.5 Il quartiere Greenwich Millennium Village (GMW) di Londra

Il nuovo insediamento residenziale Greenwich Millennium Village rientra in un innovativo programma, che la città di Londra sta operando per la riqualificazione urbanistica e la rigenerazione ambientale di diverse aree degradate (le cosiddette “*brownfields*”<sup>[10]</sup>). Uno degli esempi pilota è il GMW, inserito nel masterplan redatto da Richard Rogers per la riqualificazione della penisola di Greenwich, in un’area che complessivamente misura 120 ettari e coinvolge alcuni tra i più importanti architetti al mondo. Il masterplan consiste in un intervento per la realizzazione di una comunità che conterà 10.000 nuovi alloggi e una popolazione lavorativa stimata in 24.000 unità.

Nel 1997, Ralph Erskine vince il concorso di progettazione urbanistica dell’area GMV, che alla fine delle cinque fasi realizzative, accoglierà 2.950 unità abitative, oltre ad un centro per la comunità, una scuola elementare, un asilo, un centro benessere, negozi, ristoranti, bar, uffici e una serie di aree all’aperto destinate al gioco e al tempo libero. Questo mix funzionale, tra attività e spazi pubblici e privati, è finalizzato alla creazione di una società eterogenea per età, estrazione sociale, background culturale e reddito.

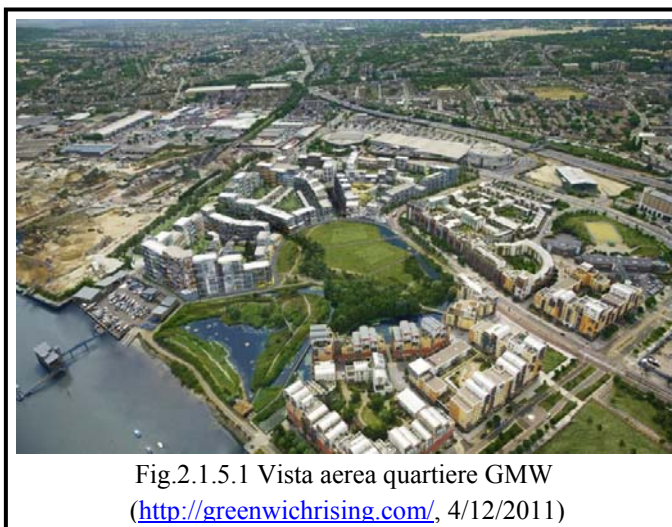


Fig.2.1.5.1 Vista aerea quartiere GMW  
(<http://greenwichrising.com/>, 4/12/2011)

L’intelaiatura urbana (Fig. 2.1.5.1) si articola in isolati, prevalentemente conformati a corte, distribuiti a forma di ferro di cavallo attorno ad un’area verde centrale, un “polmone verde” che contribuisce alla bonifica del suolo e alla rigenerazione atmosferica. Gli edifici sono disposti in un tessuto a doppio isolato, con al centro una strada pedonale principale, che attraversa tutto il quartiere e dalla quale si diramano le strade pedonali secondarie, che segnano il perimetro dei singoli isolati. La conformazione e il posizionamento dei volumi edilizi e degli spazi aperti è articolata in modo da garantire l’accesso al sole, ma anche per schermare i pieni e i vuoti dai venti freddi e umidi che spirano principalmente in direzione nord-est attraverso il Tamigi.



Il sistema della mobilità è strutturato su una rete di percorsi ciclo-pedonali, che interconnette il GMV con tutti i servizi e le residenze della penisola di Greenwich; inoltre il quartiere è servito da sei linee di autobus, due delle quali offrono un servizio di 24 ore al giorno, ed è collocato in prossimità della stazione metropolitana North Greenwich sulla Jubilee line, dalla quale si può raggiungere il centro di Londra in 25 minuti. Le strade carrabili sono separate dagli edifici mediante zone “filtro” alberate.

Dal punto di vista energetico, l’obiettivo principale dell’intervento è rappresentato dal processo denominato a “zero CO<sub>2</sub>”, consistente nella riduzione di emissioni dannose e nel loro riutilizzo per altri scopi. Per far ciò l’impianto di cogenerazione, che produce calore (riscaldamento) ed energia elettrica, viene alimentato con la biomassa proveniente dagli scarti organici delle abitazioni e da salici e pioppi cresciuti nel parco e che, attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana<sup>[11]</sup>, hanno sottratto CO<sub>2</sub> all’ambiente.

Per quanto riguarda la gestione sostenibile della risorsa idrica, è stato realizzato un impianto idrico che comprende laghi e canali artificiali, oltre a un sistema di raccolta e riutilizzo delle acque bianche e grigie. Questo sistema di raccolta contribuisce ad un risparmio di acqua del 30%, ma anche al ripristino delle condizioni naturali del ciclo dell’acqua (Bisceglia C., 2005).

### 2.1.6 Il quartiere GWL-Terrein di Amsterdam

Il quartiere nasce, nell’ambito di un ampio programma di rinnovo urbano della città di Amsterdam, dalla riconversione urbanistica di un’area industriale posta al confine con la città medievale. L’insediamento (Fig. 2.1.6.1), ad alta densità urbana, si estende su una superficie di sei ettari ed è costituito da 600 unità abitative, realizzate tra il 1994-1997.

Il progetto rappresenta la risposta alle richieste formulate dall’Amministrazione Pubblica e dai cittadini in un documento, frutto di un intenso lavoro di progettazione partecipata, detto *Programma dei requisiti di pianificazione*. Il Programma fissava, quali temi



Fig.2.1.6.1 Vista aerea quartiere GWL-Terrein  
([www.kcap.eu](http://www.kcap.eu), 4/12/2011)



principali da affrontare, l'attenzione al verde, alle risorse idriche ed energetiche, alla gestione dei rifiuti e alla mobilità.

Per la progettazione degli interventi sono stati selezionati quattro studi: Meyer&Van Schooten, Lisbeth van de Pol, Willem Jan Neutelings e DKV Dobbelaar De Kovel De Vroom. Il progetto paesaggistico è stato affidato ad Adriaan Geuze dei West 8.

Per quanto riguarda il verde, la maggior parte degli alloggi possiede un proprio giardino e agli alloggi dei piani alti sono stati assegnati parti del verde pubblico.

La gestione sostenibile della risorsa idrica è affidata, per alcuni edifici, ai tetti verdi e, per i rimanenti, ad un impianto di raccolta dell'acqua piovana, vista l'incompatibilità tecnica di utilizzo congiunto dei due sistemi.

La gestione dei rifiuti è affidata ad un sistema pneumatico sotterraneo per la raccolta differenziata.

La mobilità sostenibile si compone di un sistema di piste ciclabili e percorsi pedonali, che sostituiscono strade carrabili e parcheggi relegati lungo il perimetro dell'intera area residenziale. A supporto della mobilità collettiva, è stata creata un'eccellente rete di tram, con numerose fermate, collocate anch'esse all'esterno dell'area.

La questione energetica è risolta mediante l'orientamento ottimale degli edifici (Fig. 2.1.6) con l'asse principale in direzione est-ovest e grazie ad un impianto combinato per il calore e l'elettricità.

“Completa il quadro delle scelte sostenibili la miscelanea funzionale – il quartiere non prevede la presenza di sole residenze, ma anche di altri servizi necessari per la comunità – e la pluralità tipologica delle residenze e delle forme di fruizione delle stesse che corrispondono alle esigenze di un sistema sociale complesso, misto e diversificato. Il programma ha stabilito, infatti, questa suddivisione: 150 alloggi a libero mercato, 350 di *social housing*<sup>[12]</sup>, 300 in affitto a canone agevolato e 150 in vendita a prezzi calmierati” (Dal Buono V., 2010).

### 2.1.7 Il quartiere Kronsberg di Hannover

L'intervento - concepito per essere l'espressione tangibile del funzionamento di un nuovo approccio attento alla sostenibilità urbana, insediativa e sociale – è stato realizzato nell'ambito dell'Expo 2000. Si estende su un'area di 150 ettari, in precedenza agricola, che si configura come naturale prolungamento dell'area espositiva, e ospita 15.000 abitanti in circa 6.000 alloggi dalle diverse caratteristiche tipologiche e tecnologiche.

Il quartiere Kronsberg, pianificato applicando i principi dell'Agenda 21<sup>[13]</sup>, rappresenta il risultato di una progettazione partecipata che ha visto coinvolti gli

Amministratori locali e statali, un folto numero di progettisti e di imprese edili, l'Agenda 21 Locale, i cittadini dei quartieri vicini e i potenziali nuovi abitanti.

“Manovrando contemporaneamente e in modo coordinato le diverse leve dell'intervento pubblico (la regolamentazione urbanistica, la proprietà di parte del suolo, la concessione di finanziamenti agevolati e di incentivi per il miglioramento delle prestazioni ambientali, il rilascio di licenze per attività commerciali), a Kronsberg tutto questo si è tradotto nel 10% di case in proprietà (alloggi monofamiliari a schiera) e nel 90% di appartamenti da dare in affitto almeno per i

primi 5 anni. Poi, nella creazione di servizi di prima necessità - fornaio, caffè, asilo, chiesa – entrati in funzione insieme all'insediamento dei primi abitanti e nell'offerta di un sistema di trasporti sostenibile ed altamente efficiente. Infine, in scelte progettuali che favoriscono il rapporto con la “natura”, consentendo a tutti gli alloggi di avere uno spazio scoperto di pertinenza esclusiva: una porzione di



Fig.2.1.7.1 Vista aerea quartiere Kronsberg  
(Hannover Kronsberg Handbook, 2004)

giardino per quelli ai piani terra, una grande terrazza o balcone per gli altri. Oltre al contatto diretto di tutti gli edifici con gli spazi verdi pubblici attrezzati collocati al centro di ogni comparto edificatorio.” (Antonini E., 2001).

La struttura urbana si sviluppa su una griglia ortogonale (Fig. 2.1.7.1) su cui si basa anche il piano della mobilità, pensato per ridurre le auto private attraverso un efficiente sistema di trasporto pubblico. Infatti, una nuova linea di tram, con le sue fermate ravvicinate, consente agli abitanti di raggiungere la fermata più vicina senza percorrere più di seicento metri. La nuova tramvia in corrispondenza del centro storico viaggia in sotterraneo e permette di raggiungerlo in quindici minuti e di attraversare la città in poco più di trenta. Inoltre, la viabilità è pensata per rendere molte zone difficilmente accessibili alle auto e limitare le interferenze della mobilità veicolare con quella ciclo-pedonale, dotata di un'ottima rete di percorsi pedonali e di piste ciclabili ben segnalate e in buona parte in sede protetta.

Le scelte energetiche riguardano:

- la forma e l'orientamento degli edifici: compatti e orientati in modo da massimizzare l'apporto solare passivo (serre solari abitabili) e attivo (sistema di riscaldamento misto, composto da pannelli solari a copertura del 40% del fabbisogno di calore).

- L'obbligo di costruire organismi edilizi a basso consumo. Tutti gli edifici sono caratterizzati da involucri che garantiscono elevati livelli di isolamento termico, sia nelle parti opache che in quelle trasparenti. Inoltre, tutte le abitazioni sono dotate di impianti per la regolazione meccanica dei ricambi d'aria con recupero di calore. Presentando standard elevati di riduzione dei consumi, 150 unità sono case "passive" (15 kWh/m<sup>2</sup> all'anno) o "Energy plus", che producono più energia del loro fabbisogno.

- La totale copertura del fabbisogno di energia elettrica, mediante l'integrazione di impianti fotovoltaici, generatori eolici e cogeneratori.

La sottrazione di un ampio spazio naturalistico della città di Hannover è stata in qualche modo compensata dalla realizzazione di un insediamento con edifici dal fabbisogno energetico medio inferiore di 50 kWh/mq anno rispetto a quelli tradizionali: ciò consente l'abbattimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 60%. Inoltre, poiché nel 1993 le tecnologie solari erano già diffuse ma ancora troppo costose, alcune scelte oculate (l'utilizzo di tecniche tradizionali e materiali facilmente reperibili in loco, la riduzione dei tempi di costruzione e degli sprechi di materiale, l'analisi attenta delle risorse naturali disponibili e del rapporto costi/benefici) hanno consentito di realizzare edifici dalle ottime prestazioni energetiche, con extracosti modesti rispetto a quelli di una costruzione convenzionale.

Per quanto concerne la gestione sostenibile delle risorse idriche, è stato realizzato un sistema di raccolta dell'acqua piovana che raccoglie le acque bianche provenienti dal dilavamento delle strade, da tutte le aree pavimentate e dai tetti degli edifici, le filtra e le rilascia gradualmente nel terreno. (Bisceglia C., 2007)

### 2.1.8 Il quartiere Solar City di Linz

La vicenda del nuovo insediamento (Fig. 2.1.8.1) inizia nel 1970, quando la Municipalità di Linz decise di acquistare i terreni, all'epoca agricoli, per destinarli ad attività produttive, puntando alla ripresa economica attraverso lo



Fig.2.1.8.1 Vista aerea quartiere Solar City  
([www.terranauta.it](http://www.terranauta.it), 4/12/2011)

sviluppo di piccole e medie imprese locali. Contrariamente alle previsioni, le dinamiche intervenute successivamente, tra la fine degli anni Ottanta e i primi anni Novanta, hanno determinato il cambiamento della vocazione economica della città, da produttiva (manifatturiera e siderurgica) a commerciale: ciò ha generato un incremento di posti di lavoro nei servizi e una conseguente domanda abitativa di circa 12.000 nuovi alloggi. Nel 1992 la municipalità di Linz decide allora di commissionare all'architetto e urbanista Roland Rainer la redazione del nuovo piano regionale urbano e il masterplan per il quartiere residenziale Linz-Pichling. La progettazione architettonica degli edifici è stata affidata ad un gruppo di progettisti (READ, *Renewable Energies in Architecture and Design*), costituito da Thomas Herzog, in qualità di coordinatore, Richard Rogers, Renzo Piano e Norman Foster.

L'idea portante del progetto è stata la creazione di un insediamento dove poter "abitare e lavorare nella natura", caratterizzato da una varietà di offerte. Alla base dell'idea progettuale ci sono la ricerca di un mix sociale funzionale e una densità abitativa coerente con le esigenze economiche e sociali e con un oculato consumo di suolo. Lo slogan "Solar", che denomina l'intervento, traduce la volontà di ricercare un equilibrio tra l'uso razionale delle risorse e dell'energia e la qualità della vita.

Solar City è strutturata su un modello di città policentrica, ispirato ai principi di "città mista" della Wohnbund<sup>[14]</sup>, a garanzia di accoglienza, tolleranza ed equilibrio sociale.

L'impianto urbano è organizzato lungo un asse principale, che ospita la linea tramviaria, imperniato sul nucleo di servizi pubblici, che ne costituisce il centro e da cui si articola a raggiera la viabilità carrabile, che divide l'insediamento in quattro quadranti a carattere prevalentemente residenziale.

La morfologia dell'impianto e l'equilibrata articolazione dei vuoti e dei pieni, determinano una buona permeabilità fisica e visiva, accrescendo il senso di sicurezza all'interno della comunità.

Le scelte energetiche riguardano:

- la forma e l'orientamento degli edifici: compatti ed orientati in modo da massimizzare l'apporto solare passivo (serre solari abitabili) e attivo (sistema di riscaldamento misto composto da pannelli solari a copertura del 40% del fabbisogno di calore).

- L'obbligo di costruire organismi edilizi a basso consumo. Il fabbisogno energetico medio degli edifici è di circa 21-28 kWh/m<sup>2</sup> all'anno. Tutti gli edifici sono caratterizzati da involucri che garantiscono elevati livelli di isolamento termico e da un sistema di ventilazione controllata con recupero di calore dall'aria esausta; tetti verdi che aumentano la coibentazione termica della copertura.

- La totale copertura del fabbisogno di energia elettrica mediante l'integrazione di un impianto di cogenerazione, alimentato a biomassa e gas naturale, e da una quota minima di idroelettrico.

I servizi, le attività per il tempo libero e le attrezzature sociali, concentrati nel nucleo centrale dell'intervento, sono raggiungibili a piedi percorrendo tre o quattrocento metri. La mobilità veicolare limita l'accesso delle auto alle aree residenziali.

Per quanto concerne la gestione sostenibile delle risorse idriche, è stato realizzato un sistema integrato di fitodepurazione, che raccoglie le acque bianche e grigie convogliandole verso un bacino fitoassorbente a piante radicate sempreverdi. (Castelli G., 2010)

## **2.2 Il caso italiano: la sostenibilità ambientale nella nuova strumentazione urbanistica. (PSC, POC, RUE, Perequazione)**

Se oggi chiedessimo a chiunque di descrivere con un fotogramma come vede le nostre città, l'immagine che meglio tradurrebbe la quasi totalità delle risposte sarebbe probabilmente quella di territori urbanizzati estesi a intere regioni, con spazi verdi interclusi, non più vere aree agricole ma residui territoriali in attesa di essere inghiottiti dal cemento.

Infatti, dall'analisi delle dinamiche del fenomeno urbanizzativo dell'ultimo decennio si evince, ad esempio, che il consumo medio di suolo vergine per nuovi insediamenti (non più riconvertibile, una volta sigillato e impermeabilizzato dagli usi urbani), è stato in media pari a 53,2 ha/giorno, cioè 194 kmq l'anno, al netto dello spazio consumato per infrastrutture ed altre attrezzature (Censis-ANCE, *Come reintervenire sul patrimonio esistente*, Dossier, Bologna, 7 ottobre 2011).

L'andamento del consumo di suolo appare legato, più che alle dinamiche demografiche del nostro Paese (caratterizzate, al contrario, da uno dei più bassi tassi di natalità al mondo), al volume degli investimenti in costruzioni e alle scelte della pianificazione urbanistica ed edilizia.

Stiamo assistendo, e insieme realizzando, un'insensata *diffusione urbana*, comunemente riconosciuta come il modo di abitare meno sostenibile che esista; e che erroneamente abbiamo ritenuto rispondere al nostro comune desiderio di spendere meno e vivere in un ambiente meno inquinato, ma che in realtà ha generato profondi squilibri ambientali, economici e sociali: consumo di risorse sconsiderato, incremento della spesa pubblica e individuale, erosione di preziosi terreni agricoli e impermeabilizzazione dei suoli, congestione del traffico legato all'uso dell'automobile, perdita del senso della comunità fra la popolazione ed emarginazione sociale, aumento dell'individualismo, impoverimento culturale e materiale. La città diffusa è stata travolta da una duplice ondata di globalità: la globalità delle comunicazioni, della produzione e dei mercati, l'allentamento dei vincoli sociali e l'omologazione culturale; *la globalità dell'ambiente*, con la minaccia di catastrofi ecologiche che non rispettano i confini amministrativi.

Insieme all'immagine della città tradizionale, è andata in crisi la prevedibilità del futuro urbano del territorio: non è più possibile, salvo casi particolari, stabilire con certezza e "disegnare" il futuro di ogni singolo insediamento urbano, perché non sono del tutto prevedibili i suoi rapporti con il territorio circostante, la regione o le città di altri Paesi con cui ha rapporti di collaborazione o competizione.

La globalizzazione impone decisioni *real-time*, stili di vita ibridi, transitori, comuni e “connessi”, scelte strategiche nell’ambito di un vero e proprio *marketing urbano*. Le città, ormai in competizione, sono indotte a creare delle *reti* che, superando i locali campanilismi, le integrano per realizzare grandi progetti comuni. Oggi l’“impresa” città deve poter offrire ai propri cittadini, alla collettività, al sistema imprenditoriale ed economico, agli investitori e ai turisti, territori nuovi e riqualificati/rigenerati, servizi, occupazione, ma anche *qualità e sostenibilità ambientale*. Questi ultimi elementi rappresentano i fattori determinanti nella competizione fra città e territori, elementi di attrazione per gli abitanti e per un numero crescente di imprenditori.

È evidente che in questa nuova situazione non ha più senso il tradizionale piano urbanistico, pensato come un disegno più o meno dettagliato di zone specializzate, di strade e servizi pubblici, da attuare fedelmente in un tempo più o meno lungo come un qualunque altro progetto, una strada o un ponte. Non a caso i nostri Piani Regolatori, anche i migliori, sono stati nella pratica modificati da varianti continue, spesso sbagliate o clientelari, ma segno comunque di una dinamica urbana che non può essere irrigidita da un piano disegnato “una volta per tutte”.

Nel frattempo, è anche cambiato il modo di decidere: il piano rigido del passato poteva essere imposto in regimi autoritari o in presenza di un potere pubblico forte, in grado di ottenere adeguati finanziamenti e di operare in situazioni relativamente stabili. Oggi, in Italia come altrove, la platea dei decisori (e parallelamente quella dei contestatori) si è molto ampliata e pare impossibile prescindere dal loro coinvolgimento. Inoltre, si sono ridotte le risorse pubbliche ed è sempre più necessario ricorrere ad accordi con gli operatori privati. (Monti C., 2004)

In questo contesto, il piano urbanistico comunale non è più l’unico strumento per promuovere la crescita di una città, ma diviene uno dei numerosi mezzi da utilizzare in un *processo continuo di governo del territorio*. Così, anche nel nostro Paese si è ormai affermata la necessità di articolare il piano urbanistico locale – come da tempo avviene in tanti altri Paesi europei – in due parti: una riguardante le decisioni di tipo generale, a medio-lungo termine (il piano *strutturale*), e l’altra riguardante le decisioni di rilevanza minore e che debbono essere gestite con maggiore flessibilità (il piano *operativo*). In questa nuova visione, il *piano strutturale* deve rifarsi ai piani di scala superiore e definire con maggiore precisione le scelte che riguardano alcune decisioni fondamentali e generali. Tra queste, la produzione di energia, l’uso delle altre risorse locali e la tutela ambientale, che si assumono come costanti nel tempo (ad esempio la salvaguardia di fiumi, laghi e foreste, ma anche di centri storici e zone archeologiche). Così anche, le scelte relative ai progetti di infrastrutture e attrezzature



(autostrade, metropolitana, aeroporto, porto, un grande centro fieristico, ecc.), che richiedono forti investimenti e lunghi tempi di ammortamento. Tali decisioni, quindi, non possono che strutturarsi come scelte strategiche di lungo periodo, in considerazione dei gravi danni che deriverebbero da una gestione contingente di certe questioni. Di conseguenza, come mostra l'esperienza di altri Paesi, si tratta nel complesso di decisioni che dovrebbero essere confermate anche in caso di cambio di amministrazione: ciò comporta la necessità che il piano strutturale sia costruito con il più ampio consenso possibile, non solo delle forze politiche, ma anche delle forze sociali e degli operatori pubblici e privati che dovranno attuarle. Il *piano strutturale* è un "patto" con la città, per il futuro della città. (Monti C., 2004)

Il *piano operativo* invece, in quanto tale, dovrebbe, essere verificato ed aggiornato da ogni nuova amministrazione, in rapporto al proprio programma e al bilancio (per questo alcuni lo chiamano "piano del sindaco"), soprattutto dovrebbe essere continuamente adeguato a nuove esigenze o nuove iniziative proposte dagli operatori pubblici e privati.

Anche se nelle attuali esperienze regionali si usano denominazioni differenti, e alle volte sono abbastanza diversi i contenuti (ad esempio la Legge Regionale dell'Emilia Romagna prevede un piano strutturale molto definito, mentre quella lombarda preferisce un documento strategico molto meno vincolante), la tendenza a questa divisione del piano in due strumenti con obiettivi diversi è ormai diffusa e anche confermata dalla proposta di modifica della legge urbanistica nazionale, in corso di approvazione al Parlamento. La separazione consente, infatti, di superare uno dei problemi più gravi che hanno determinato la crisi dei piani tradizionali: il fatto che, nello stesso strumento, si dovessero stabilire regole puntuali per iniziative che si sarebbero attuate in tempi e modi assai diversi. È evidente, ad esempio, che definire in dettaglio indici e destinazioni per un'area industriale in via di trasformazione o per una zona interessata da un grande progetto pubblico o privato, su cui si stanno ancora raccogliendo le adesioni di possibili investitori, è difficile (e a volte anche dannoso) finché le iniziative non sono maturate, mentre non ci sono problemi a disciplinare gli interventi su aree di normale dimensione, i cui proprietari sono da tempo in attesa di edificare. (Monti C., 2004)

Questa articolazione dei piani urbanistici, certamente utile per garantire una pianificazione più efficace, può addirittura essere determinante per ottenere una pianificazione sostenibile sotto il profilo ambientale.

Innanzitutto le norme europee, nazionali e regionali, impongono che il piano strutturale comunale sia sottoposto ad una Valutazione Ambientale Strategica (VAS).



Se questa è svolta correttamente, si dovrebbero ottenere un bilancio delle risorse ambientali ed una verifica della compatibilità di nuovi insediamenti e, come minimo, evitare tanti grossolani errori del passato: non solo la cementificazione delle spiagge ma anche, ad esempio, la costruzione di aree residenziali a ridosso di autostrade o di aeroporti, che hanno avuto il duplice risultato di strozzare importanti infrastrutture e costringere un'ampia fascia della popolazione a vivere in un ambiente inquinato.

Un secondo punto da evidenziare è che il piano strutturale è “a maglie larghe” e non deve definire immediatamente edificabilità e vincoli di ogni specifica area, creando diritti e doveri prima che sia possibile un'accurata analisi ambientale. Questa analisi sarà invece possibile nel momento in cui si elabora il piano operativo e si “contrattano” con i privati gli interventi concreti da realizzare. (Monti C., 2004)

La tanto attesa riforma della legge nazionale sarà determinante per ottenere questo risultato, perché prevede la possibilità di “perequazione”: in altri termini, consente di attribuire a tutti i proprietari di uno stesso ambito la stessa potenzialità edificatoria, da utilizzare poi nelle sole aree che il piano operativo (o, più in dettaglio, il piano particolareggiato di attuazione) riconosce come edificabili. La perequazione prevede anche, esplicitamente, la commerciabilità dei diritti di edificazione, all'interno di uno stesso comparto o fra comparti diversi, e la riduzione al minimo delle imposte sui trasferimenti di tali diritti o di aree, se necessari ad attuare il piano urbanistico.

Completa il quadro dei nuovi strumenti della pianificazione comunale il Regolamento Urbanistico - Edilizio (RUE), che raccoglie tutte le norme relative agli interventi edilizi, eventualmente articolate in funzione delle tipologie insediative individuate dal Piano Strutturale. Il Regolamento non comprende solo le norme di fabbricazione, ma anche quelle relative alle procedure autorizzative, all'ecologia, all'igiene, alla sicurezza, all'eliminazione delle barriere architettoniche, al risparmio energetico, all'uso delle Fonti Energetiche Rinnovabili, alla tutela delle cose di interesse artistico e storico ecc.

Il RUE potrebbe conformarsi come un testo unico dell'insieme delle norme nazionali, regionali e locali, che costituisce nel contempo una guida alla corretta progettazione e uno strumento per la semplificazione delle procedure e la certezza dei tempi.

È evidente che queste nuove procedure, già utilizzate in alcune regioni, offrono molte possibilità per chi intende costruire un'edilizia rispondente ai criteri della sostenibilità e della qualità ambientale, permettendo di negoziare con i Comuni e con gli altri operatori, per scegliere aree che non siano già in partenza del tutto inadatte e quindi non recuperabili, anche con buon progetto urbanistico ed edilizio.

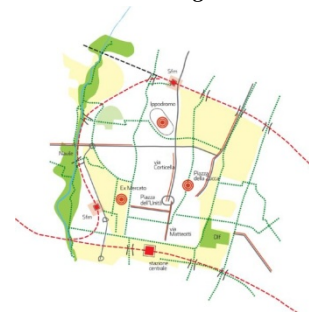
## 2.3 Un caso di studio: la sostenibilità ambientale negli strumenti urbanistici di Bologna. (PSC, POC, RUE, Perequazione)

Tratto da: *Ciro Lamedica, 2009, "ECOLOGIA MISURATA: la sostenibilità ambientale nei nuovi strumenti urbanistici di Bologna", Bioarchitettura, n. 57-58, 86-89.*

In Emilia Romagna, la Legge Urbanistica n. 20 del 24 marzo 2000 assume la sostenibilità ambientale come uno dei temi fondamentali sui quali costruire la nuova "cassetta degli attrezzi" per il governo del territorio. La Legge indica, in particolare, fra gli obiettivi generali della pianificazione territoriale ed urbanistica, "la sicurezza e la tutela dell'integrità fisica e dell'identità culturale del territorio", il miglioramento della "qualità della vita e la salubrità degli insediamenti urbani", la riduzione della "pressione degli insediamenti sui sistemi naturali e ambientali anche attraverso opportuni interventi di riduzione e mitigazione degli impatti" e la promozione del "miglioramento della qualità ambientale". Per realizzare tali obiettivi, la legge assume la valutazione come strumento fondamentale da affiancare alla normale prassi operativa.

È importante sottolineare che, nei nuovi strumenti urbanistici concepiti dalla Legge Regionale, **il processo valutativo** (attuato mediante la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale, ValSAT (Fig. 2.3.1), l'equivalente VAS definita dalle normative nazionali e comunitarie) è **interno e solidale** con la definizione del Piano e **non uno strumento esterno**. È quindi un processo in cui i temi ambientali non soltanto entrano nella definizione delle strategie del Piano, ma ne accompagnano la definizione operativa e progettuale nelle scelte a tutte le scale, contribuendo a definire la

*Dalla ValSAT del PSC di Bologna*



*Fig. 2.3.1 "ValSAT del PSC: situazione dell'ambito Bolognina Est"*

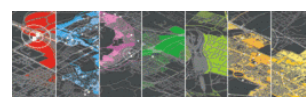
La ValSAT del PSC ha condotto le proprie valutazioni seguendo un processo logico – metodologico - applicativo, così articolato:

1. l'acquisizione attraverso il Quadro conoscitivo dello stato e delle tendenze evolutive dei sistemi naturali e antropici;
2. la definizione degli obiettivi di sostenibilità ambientale, territoriale, sociale e di salubrità e sicurezza e di protezione ambientale stabiliti dalla normativa e dalla pianificazione sovraordinata, nonché dal Psc
3. la valutazione degli effetti del Psc, sia degli interventi di tutela, sia di quelli di trasformazione;
4. l'individuazione delle misure atte ad impedire eventuali effetti negativi di quelle idonee a mitigare, ridurre o compensare gli impatti delle scelte di piano;
5. la dichiarazione di sintesi della sostenibilità e del suo esito;
6. l'individuazione degli indicatori per il monitoraggio degli effetti del PSC.

I macro aspetti considerati sono:

- aria;
- rumore;
- acqua;
- suolo e sottosuolo ;
- energia;
- elettromagnetismo;
- habitat naturali e paesaggio
- mobilità.

*Dal PSC di Bologna*



*Fig. 2.3.2 "PSC: le sette Città"*

sostenibilità dell'attuazione delle trasformazioni. Infatti, l'elemento caratterizzante la valutazione dei piani e dei programmi è l'inclusione e considerazione della componente ambiente fin da un momento molto anticipato nel processo decisionale, con l'obiettivo, certo non facile da raggiungere, di assegnarle il giusto peso quando è ancora possibile considerare e discutere soluzioni alternative.

La più significativa e recente applicazione della L.R. n.20/2000 è la nuova strumentazione urbanistica del Comune di Bologna. In essa i temi ambientali entrano in modo consistente e strutturante nel processo di pianificazione, come scelte ed indirizzi che il Piano Strutturale Comunale (PSC) (Fig. 2.3.2) individua e fa propri al pari dei contenuti tradizionali; sono tradotti in requisiti e prestazioni che il Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) definisce e assegna a ciascuno dei "materiali" che costituiscono l'ambiente costruito e determinano il livello di qualità urbana della Città; saranno poste alla base della formazione dei Piani Operativi Comunali (POC), fornendo criteri di valutazione nelle procedure concorsuali per l'aggiudicazione degli interventi agli operatori pubblici e privati.

Il PSC di Bologna rappresenta quindi un momento importante di passaggio, dalla logica prefigurata e quantitativa della progettazione urbana tradizionale ad una dinamica fondata sul bilancio (ambientale, sociale, economico) dell'insediamento, attraverso la procedura di ValSAT. Tale bilancio continua a includere gli standard quantitativi, ma contiene soprattutto lo stato e le tendenze evolutive dei sistemi, le misure atte a mitigare, ridurre o compensare gli

Il Psc recepisce al proprio interno gli aspetti della sostenibilità che sono direttamente o indirettamente connessi al processo di pianificazione, che possono essere riassunti in:

- *protezione del clima e dell'atmosfera*, attraverso la riduzione dei gas serra (promozione dell'uso di fonti rinnovabili e contenimento dei consumi energetici) e la riduzione delle emissioni inquinanti sia da riscaldamento che da traffico urbano;
- *riduzione dell'inquinamento acustico*, attraverso una corretta localizzazione degli insediamenti e una corretta progettazione delle nuove infrastrutture stradali;
- *mantenimento e miglioramento delle risorse idriche*, attraverso politiche di tutela qualitativa (progressiva rimozione degli scarichi che ancora interessano alcuni tratti) e quantitativa, e l'adozione di politiche di ciclo integrato (risparmio/riuso);
- *contenimento dell'inquinamento elettromagnetico*, attraverso interventi di interrimento di elettrodotti e idonea collocazione delle sorgenti emmissive radiotelevisive;
- *mantenimento e miglioramento del suolo*, attraverso il recupero della permeabilità dei suoli e il contenimento della diffusione urbana;
- *soddisfacimento di elevati standard di qualità urbana*, attraverso l'integrazione del sistema delle attrezzature e degli spazi collettivi;
- *valorizzazione e tutela degli habitat naturali e del paesaggio*, attraverso l'integrazione nel sistema metropolitano del verde urbano, del sistema dei parchi e delle aree protette e la valorizzazione delle reti ecologiche di connessione, fra le quali spiccano i corridoi fluviali;
- *perseguimento dell'efficacia e dell'adeguatezza del sistema della mobilità*, in relazione all'incremento dell'intermodalità, all'aumento dell'accessibilità della città pubblica, all'integrazione dei diversi sistemi di trasporto.

#### *Dal RUE di Bologna*

**Fig.2.3.3 "Elenchi delle schede prestazionali dei materiali urbani ed edili"**

impatti ambientali generati dalle scelte operate dal Piano, le modalità di attuazione delle trasformazioni previste.

Per facilitare l’inserimento degli elementi necessari a garantire la sostenibilità ambientale nell’attuazione del piano, il PSC applica a tutti gli ambiti di trasformazione urbana la procedura perequativa nell’attribuzione dei diritti di trasformazione fondiaria (edificabilità), garantendo un equo trattamento dei proprietari delle aree interessate dal Piano. Inoltre, grazie all’attribuzione di *quote di edificabilità premiale* legate alla realizzazione di edilizia residenziale sociale (ERS) e di interventi di elevata qualità ambientale ed energetica, edilizia e architettonica, regola lo sfruttamento della rendita fondiaria e orienta gli interventi alla realizzazione della cosiddetta “*Città Pubblica*” e ad un maggiore equilibrio ecologico nella scelta localizzativa di tutte le componenti che il RUE definisce materiali urbani ed edilizi della città.

Le considerazioni precedenti, come già detto, riguardano gli ambiti di trasformazione (nuovi insediamenti, recupero e riqualificazione urbana). Tutte le altre trasformazioni che riguardano il territorio urbano strutturato e il territorio rurale sono disciplinate dal RUE. Coerentemente con le indicazioni della ValSAT e del PSC, il RUE assume come obiettivo fondamentale per il recupero dei tessuti esistenti, il miglioramento della qualità diffusa, urbana e ambientale, del territorio comunale attraverso:

1. l’introduzione della “*valutazione preventiva di ammissibilità*”, discriminante al fine dell’insediamento di particolari usi in relazione a “*specifici fattori d’impatto*” (deficit infrastrutturale, pericolosità, disagio/disturbo,

SPAZIO APERTO PUBBLICO E DI USO PUBBLICO	
Materiale	Requisito
Strade	Mitigazione dell’impatto ambientale
	Compatibilità fra esigenze funzionali e abitabilità
	Abitabilità della strada ed integrazione con il contesto
	Efficienza del servizio di trasporto pubblico
	Realizzazione di uno spazio d’uso pubblico
Percorsi ciclabili in sede autonoma	Inserimento nella rete urbana e sicurezza
	Inserimento nella rete rurale e comfort
Aree parcheggio	Risposta alla domanda di sosta
	Compatibilità ambientale e inserimento paesaggistico
	Sicurezza e comfort degli utenti
Piazze e aree pedonalizzate	Fruizione pedonale
	Inserimento paesaggistico e compatibilità funzionale
	Molteplicità degli usi e dei tempi
Aree verdi urbane	Connessione ecologica e permeabilità
	Valorizzazione delle risorse locali e inserimento di elementi artistici
	Sicurezza e comfort degli utenti
	Accessibilità, molteplicità degli usi e dei tempi
	Funzionalità e mantenimento nel tempo
Parchi e giardini di interesse storico e documentale	Fruibilità compatibile
	Conservazione delle specie vegetali e dei manufatti
Orti urbani	Prodotti commestibili e risparmio idrico
	Progettazione unitaria, cura e manutenzione
Spazi pubblici	Accessibilità e

impoverimento ecologico);

2. maggiore attenzione ai principi che orientano la trasformazione dello spazio pubblico, con norme dettagliate e precise;

3. l'incentivazione degli interventi urbanistici ed edilizi che perseguono risparmio ed efficienza energetica, risparmio delle risorse idriche, recupero e riciclo dei materiali, permeabilità dei suoli e la cura del Verde (Fig. 2.3.3).

L'impostazione prestazionale generalizzata a tutte le componenti dell'ambiente costruito consente al RUE (Fig. 2.3.4) l'integrazione tra regole urbanistiche e regole edilizie, necessaria alla corretta realizzazione di interventi ambientalmente sostenibili. Questi ultimi, infatti, devono essere il risultato di uno stretto coordinamento fra piano, progetto, attuazione, uso e controllo nel processo di piani-progettazione urbana ed edilizia, nonché di una stretta collaborazione interprofessionale e comunitaria di tutti i soggetti coinvolti.

Le trasformazioni previste dal PSC rispondono alla sostenibilità sociale, mediante la condivisione delle scelte con tutti gli *stakeholders*. Il laboratorio di urbanistica partecipata organizzato dal Comune di Bologna, relativo all'Ambito denominato nel PSC "Bolognina Est", ne è un esempio. I suoi risultati sono stati interiorizzati e tradotti in specifiche prescrizioni e prestazioni richieste agli interventi di riqualificazione, nell'articolato del primo Piano Operativo del Comune di Bologna.

Il Laboratorio ha coinvolto gli abitanti del quartiere (che hanno partecipato in numero sorprendentemente elevato, vista la novità dello "strumento") nella trasformazione delle aree dismesse. Il Laboratorio ha affrontato anche il

fruibili in territorio rurale	riconoscibilità
	Compatibilità fra usi agricoli e attività ricreative

<b>INTERFACCE TRA SPAZIO EDIFICATO E SPAZIO APERTO PUBBLICO</b>	
<b>Materiale</b>	<b>Requisito</b>
Interfacce nel territorio urbano	Decoro del paesaggio urbano
	Sicurezza di fruizione e attraversamento dello spazio pubblico
Interfacce nel territorio rurale	Mantenimento caratteristiche del paesaggio rurale
<b>AGGREGAZIONI DI EDIFICI</b>	
<b>Materiale</b>	<b>Requisito</b>
Adattamento al sito	Integrazione nel contesto
	Progettazione integrata del verde
Fruibilità e qualità dello spazio abitato	Accessibilità e sicurezza
Rumore	Protezione dall'inquinamento acustico
Risparmio energetico	Controllo ed utilizzo dell'apporto energetico solare
	Uso coordinato di fonti energetiche rinnovabili e di sistemi di teleriscaldamento e cogenerazione
Risorse idriche	Invarianza idraulico-ambientale smaltimento e riuso delle acque
Consumo di materiali e gestione dei rifiuti	Predisposizione di spazi idonei per la raccolta differenziata dei rifiuti

<b>EDIFICI</b>	
<b>Materiale</b>	<b>Requisito</b>
<i>Adattamento al sito</i>	Inserimento dell'edificio nel contesto
<i>Resistenza meccanica e stabilità</i>	Resistenza meccanica alle sollecitazioni statiche e dinamiche d'esercizio, alle sollecitazioni accidentali e alle vibrazioni
<i>Sicurezza in caso di incendio</i>	Resistenza al fuoco, reazione al fuoco, limitazioni dei rischi di

tema del recupero e della riqualificazione complessiva della Bolognina Est, con l'obiettivo di riconfigurare e ridefinire il ruolo del quartiere rispetto alla città, e ha definito un *documento guida di supporto* per la pianificazione operativa e attuativa, contenente i necessari strumenti di monitoraggio e di indirizzo per proprietari e progettisti delle singole aree.

Si riporta di seguito l'elenco finale delle richieste e delle proposte dei soggetti interessati dal Laboratorio (residenti, gruppi formali e informali, proprietà, amministratori, figure istituzionali e ogni altro interessato all'area e alla propria comunità).

*Le richieste e le proposte (Tratto dal POC di Bologna "Rapporto conclusivo Laboratorio Bolognina Est")*

- *Rinnovare un'identità.*
- *Incrementare spazi pubblici e servizi.*
- *La Piazza e la rete di connessioni.*
- *Rendere visibili tracce simboliche.*
- *Restituire sicurezza, bellezza e agibilità a luoghi ed edifici degradati e abbandonati che comunicano paura e attraggono comportamenti antisociali e criminalità.*
- *Rimanere città "densa".*
- *Ritrovare il verde che non c'è.*
- *Rinnovare le connessioni, con un sistema di piste ciclopedonali e camminamenti, ritrovando il verde "che non esiste", la dove è occluso e non utilizzato.*
- *Dare continuità alle trame urbane e ai percorsi e distribuire gli spazi pubblici.*
- *Garantire la continuità e il rapporto tra le strutture fisiche, di servizio e sociali esistenti e quelle future.*
- *Garantire la presenza di funzioni miste*

	generazione e propagazione di incendio, evacuazione in caso di incendio
<i>Igiene, salute e benessere ambientale</i>	Controllo delle emissioni dannose
	Protezione dall'inquinamento elettromagnetico
	Smaltimento degli aeriformi
	Approvvigionamento idrico
	Smaltimento delle acque reflue
	Tenuta all'acqua
	Controllo dell'illuminazione naturale
	Controllo della temperatura superficiale e della temperatura operante
	Ventilazione
Protezione dalle intrusioni di animali nocivi	
<i>Sicurezza nell'impiego</i>	Sicurezza contro le cadute e resistenza a urti e sfondamento
	Sicurezza degli impianti
<i>Rumore</i>	Controllo dell'inquinamento acustico
<i>Risparmio energetico</i>	Contenimento dei consumi energetici invernali
	Controllo dell'apporto energetico solare
<i>Fruibilità e qualità dello spazio abitato</i>	Assenza/superamento delle barriere architettoniche
	Organizzazione distributiva degli spazi e attrezzature
	Dotazioni impiantistiche minime
	Cura del verde, permeabilità e microclima urbano
<i>Risorse idriche</i>	Risparmio e riuso delle acque
<i>Gestione e riciclo di materiali e rifiuti solidi</i>	Predisposizione di spazi idonei per la raccolta differenziata dei rifiuti
	Riutilizzo dei rifiuti inerti di cantiere
<i>Gestione e cura dell'edificio</i>	Utenza informata e manutenzione attiva

<b>EDIFICI D'INTERESSE STORICO-ARCHITETTONICO E D'INTERESSE DOCUMENTALE</b>	
<b>Materiale</b>	<b>Requisito</b>
Edifici di interesse	Conservazione delle componenti di paesaggio

(commerciale, residenziale, ricreative ecc.), capaci di interloquire con le differenze di genere, generazioni, origini.

- *Restituire vitalità alle strade e agli spazi.*
- *Assicurare la qualità dei nuovi edifici.*
- *Commerciare e produrre a partire dalla valorizzazione dell'esistente e dalla ricerca di innovazioni di qualità, evitando le grandi strutture commerciali.*
- *Progettare la viabilità e le modalità di accesso ad abitazioni e servizi garantendo la sicurezza e l'accessibilità per tutte le persone, a partire dall'accessibilità e dalla visibilità dei percorsi pedonali e dei parcheggi.*
- *Evitare le enclave etnicizzate.*
- *Facilitare una chiara e responsabile gestione degli spazi a uso pubblico, attraverso una progettazione attenta fin dall'inizio.*
- *“20 – 20 – 20” : prendersi cura dell'ambiente fin dalla progettazione dell'ambito e delle sue componenti edilizie.*

Si tratta, evidentemente, di un semplice ma efficace set di azioni, che mostrano come la sostenibilità ambientale ormai sia, oltre che una necessità oggettiva, un bisogno fortemente sentito dalle comunità locali.

storico-architettonico	urbano e Rurale
	Conservazione dei caratteri strutturali e distributivi e degli elementi architettonici e artistici interni
Edifici di interesse documentale	Conservazione dei caratteri fisici e formali degli spazi esterni e delle relazioni tra edificio e spazio aperto
	Mantenimento delle componenti di paesaggio urbano e rurale
	Mantenimento dei principali caratteri architettonici interni
	Mantenimento delle relazioni tra edificio e spazio aperto



**GESTIONE E CICLO DI MATERIALI E RIFIUTI SOLIDI**  
**REQUISITO: Riciclaggio dei rifiuti inerti di cantiere (E 20.2)**

Al fine di limitare l'utilizzo di materie prime e di ridurre l'impatto ambientale generato dallo smaltimento dei rifiuti derivanti da opere di costruzione e demolizione occorre definire la forma di riciclaggio, riempimento e recupero e cui destinare i materiali inerti derivanti da attività di demolizione e costruzione, garantendo sempre che tali attività non provochino alcun pregiudizio per l'ambiente e la salute dell'uomo.

**PRESTAZIONI**

1. Negli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione, per tutti gli casi:  
 1.1. Fornire indicazioni in merito alla quantità dei materiali inerti di scarto prodotti e alla loro gestione in conformità alla normativa vigente, prevedendone la destinazione ad attività di riciclaggio, riempimento e recupero.  
 1.2. Considerare e valutare la fattibilità tecnica, economica e ambientale del riciclaggio in sito dei materiali inerti prodotti da attività di demolizione effettuate nei casi in cui a tali attività seguono nuovi interventi di costruzione / ristrutturazione.  
 1.3. Privilegiare l'impiego di materiali inerti provenienti dagli impianti di recupero in alternativa ai materiali derivanti dallo sfruttamento di risorse non rinnovabili.

**NORME DI DETTAGLIO**

Per le norme ulteriori di definizione dei livelli prestazionali attesi, dalle modalità di misurazione e verifica di risulta alle Schede tecniche di dettaglio che costituiscono il complemento del presente Regolamento.

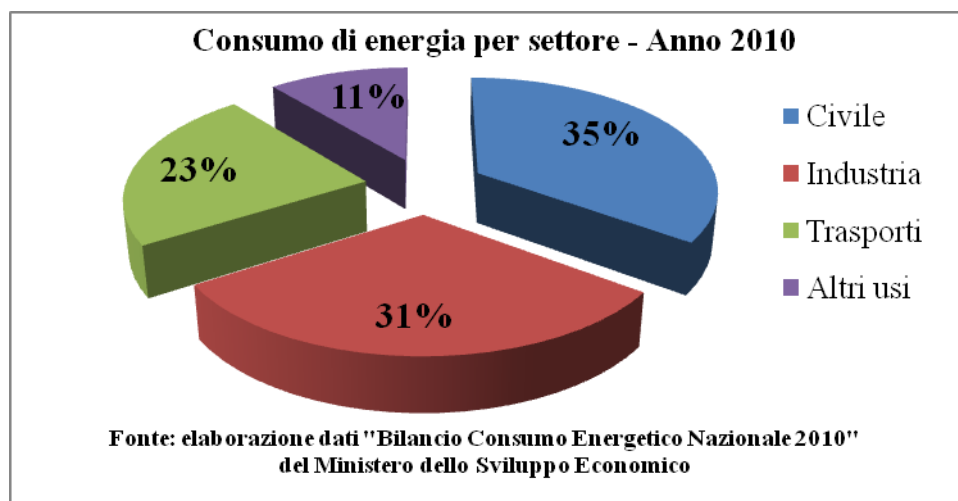
Fig. 2.3.4 “RUE: Scheda prestazionale tipo”

### 3. IL PROCESSO DI INTEGRAZIONE DELLA VARIABILE ENERGETICA NELLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO.

Prima di passare a descrivere le fasi in cui dovrebbe essere articolata l'elaborazione di un nuovo piano energetico, integrato e non settoriale, è importante evidenziare le principali motivazioni che dovrebbero indurre l'azione politico-amministrativa ad una revisione degli strumenti di governo del territorio, finalizzata all'integrazione della materia energetica nella pianificazione urbanistica e territoriale, all'interno del quadro delle scelte strategiche necessarie a rendere operativi i principi dello sviluppo sostenibile.

"La pianificazione sostenibile è quella che sa integrare un utilizzo efficiente di risorse ambientali ed energia, una produzione di materiali ed edifici "sani", un uso del suolo attento alle sensibilità ecologiche e sociali e un senso estetico in grado di dare ispirazione, forza e competenza a questo sforzo di integrazione." (*Dichiarazione per un Futuro Sostenibile*, UNI/AIA, 1993) .

La dinamica dei consumi energetici mostra come, se fino a poco tempo fa era il settore produttivo quello più energivoro, a fine 2010 la domanda è dominata dagli usi civili, che insieme rappresentano circa il 50% dei consumi elettrici e oltre il 35% dei consumi energetici totali (*Bilancio Consumo Energetico Nazionale 2010*, Dipartimento per l'Energia del Ministero dello Sviluppo Economico, <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it>, 12/12/2011).



Sono quindi gli edifici ad uso civile la "sostanza" su cui intervenire per abbattere i consumi energetici e razionalizzarne l'utilizzo. In sinergia con azioni di risparmio ed efficientamento energetico, occorre però realizzare anche il passaggio dall'attuale produzione centralizzata dell'energia ad una "generazione distribuita", alimentata dalle Fonti Energetiche Rinnovabili. Tale azione di conversione del sistema energetico, dalle fonti fossili a quelle rinnovabili, necessita inoltre di un campo di



azione più ampio del singolo edificio. Lo sfruttamento delle potenzialità energetiche locali, uscendo da un approccio parziale, dovrà riguardare oltre alla scala edilizia anche scale dimensionali più ampie.

“Il grosso delle attività di sperimentazione oggi in essere riguarda da un lato lo sviluppo delle fonti rinnovabili, dall’altro l’avanzamento del risparmio energetico a livello edilizio, sostenuto da un rilevante numero di iniziative culturali come operative e di settore. (*Casaclima, ANAB, ANIT, ecc.*). In particolare, per quanto riguarda le politiche energetiche relative al patrimonio edilizio esistente, le normative si concentrano su una più avanzata progettazione degli aspetti climatico-energetici da compiere in occasione di interventi edilizi dal livello della ristrutturazione edilizia in su, interventi che inevitabilmente si verificano solo con una frequenza temporale molto rallentata (30-40 anni o più). Questa lentezza rende di fatto la risposta prodotta dagli interventi prevedibili non commisurata né dal punto di vista quantitativo né dal punto di vista della tempestività con lo sviluppo delle criticità ambientali e della disponibilità di fonti energetiche fossili che si manifestano attualmente in corso sia a livello globale che locale. La consapevolezza di un tale stato di cose richiede quindi una diversa e più ampia strategia di approccio al problema.” (Ombuen S., Rosellini G., *Clima e energia nel nuovo Piano; Convegno Pianificazione energetica e politiche del clima nel nuovo piano: l’integrazione delle politiche locali energetiche e di protezione climatica nei processi di governo del territorio*, Senigallia (AN), 16 novembre 2007).

Seppure siano numerose le iniziative *in corso attorno ai temi energetico-ambientali, manca un approccio sistematico, che veda la ricomposizione territoriale delle diverse azioni ed iniziative.*

Lo *sprawl* urbano che caratterizza le dinamiche dimensionali delle città, se da un lato rende difficile la ricomposizione territoriale, dall’altro la rende urgente. Per giungere ad elevati livelli di risparmio energetico, abbattere i costi legati alla mobilità, le emissioni inquinanti e l’impatto sull’ambiente naturale, è importante intervenire sulla struttura territoriale degli insediamenti. Per farlo è indispensabile che la strumentazione urbanistica e territoriale incameri e implementi le azioni, ormai note, necessarie per operare una razionalizzazione sostenibile del sistema energetico-ambientale, uscendo dalla situazione di stallo che la vede ferma ai principi. Una delle motivazioni, alla base di questo blocco nelle scelte di pianificazione territoriale verso un approccio più sostenibile, sembra essere legato al fatto che nel nuovo Titolo V della Costituzione, la competenza in materia di energia e urbanistica del territorio è di competenza regionale, mentre la competenza in materia di ambiente resta in capo allo stato e si riversa sulle regioni solo in via sussidiaria su delega. (Ombuen S., Rosellini G., *doc. cit.*)

Occorre inoltre considerare che la diffusione degli impianti da FER sul territorio impone alle reti elettriche di aggiungere, al tradizionale ruolo di distribuzione, quello di raccolta di energia. Non più una rete unidirezionale dalle grandi centrali alle

utenze, ma una *Smart Grid*<sup>[15]</sup> di integrazione/interdipendenza tra grandi, medi, piccoli e piccolissimi impianti di produzione e i relativi carichi elettrici.

Tale trasformazione concettuale non sta però avvenendo dal punto di vista reale. Infatti ad oggi, se anche in Italia esistesse una capacità produttiva di energia da fonti rinnovabili paragonabile agli impegni assunti in sede europea, e se anche il processo di realizzazione degli impianti seguisse il necessario ed incalzante ritmo indispensabile al raggiungimento degli obiettivi dagli accordi internazionali, nei tempi previsti una tale capacità produttiva non potrebbe entrare in funzione perché la rete non è attrezzata per ricevere i flussi energetici in ingresso dai nuovi impianti di produzione.

Queste necessarie nuove caratteristiche nei rapporti fra rete e territorio producono anche una nuova concettualizzazione sia della rete, sia del territorio stesso. Il territorio, dal punto di vista energetico, si trasforma: dà spazio passivo attraversato dall'infrastruttura, a campo attivo interconnesso attraverso l'infrastruttura.

Le reti di teleriscaldamento, nelle realtà in cui si è puntato su questa forma di produzione (utilizzando principalmente gas naturale o biomasse) e distribuzione energetica, hanno prodotto ottimi risultati, in termini sia economici che ambientali. Queste esperienze incoraggiano a ripensare il generale approccio alla pianificazione e alla gestione urbana, anche in rapporto alla tradizionale e consolidata dipendenza dal gestore elettrico nazionale.

L'indipendenza energetica dovrebbe, in questo senso, diventare uno dei cardini su cui impostare un'azione di governo del territorio, che passi attraverso il disegno delle relazioni energetiche tra ambito urbano e territorio. "L'interdipendenza delle città con il loro contesto provinciale, se non addirittura regionale, per la localizzazione di impianti di produzione da fonte rinnovabile che si sommano ai potenziali produttivi in ambito urbano, determinano infatti la necessità di un approccio olistico alla pianificazione territoriale che superi la tradizionale divisione tra piano urbanistico e piano energetico." (Ombuen S., *Urbanistica e sviluppo sostenibile delle città. L'integrazione delle politiche energetiche e di adattamento climatico nel governo del territorio*, Conferenza europea *Energia sostenibile e alloggio sociale*, Ancona, 21-22 aprile 2008)

### **3.1 I limiti degli interventi di qualificazione e riqualificazione energetica a scala edilizia.**

Abbiamo evidenziato come, per bloccare il consumo di suolo e disporre di un patrimonio edilizio ambientalmente ed energeticamente sostenibile ed efficiente, sia indispensabile implementare una riorganizzazione complessiva e organica e una nuova forma di valorizzazione del patrimonio edilizio esistente.

L'allarme per il consumo delle risorse fisiche, dall'acqua al suolo, per lo spreco energetico legato ad un patrimonio edilizio antiquato, così come l'attenzione crescente per le problematiche derivanti dalla sempre maggiore ingovernabilità dei sistemi di mobilità legata a processi insediativi diffusivi e dispersivi, rappresentano una spinta importante ad imprimere un'inversione di rotta radicale nel modo di concepire il rapporto con le risorse territoriali, orientato verso uno sviluppo sostenibile, inteso come finalità prioritaria e condivisa. Si tratta certamente di

un'inversione di rotta radicale che necessita di nuove condizioni culturali e operative. Dal punto di vista dello sviluppo insediativo, sarà necessario guardare al patrimonio edilizio esistente come a una risorsa fondamentale, che oggi viene utilizzata in maniera impropria e necessita di un recupero in termini funzionali e qualitativi, con un'attenzione nuova e particolare ai fattori di risparmio energetico, di riduzione del consumo di suolo, di adeguatezza alla nuova domanda abitativa.

Oggi un'abitazione di trent'anni consuma in media 180-200 kWh/m<sup>2</sup> all'anno, mentre un edificio realizzato in classe B (che costituisce lo standard minimo nelle nuove costruzioni nella Provincia Autonoma di Bolzano) consuma tra 30 e 50 kWh/m<sup>2</sup> all'anno: ecco cosa significherebbe far compiere un tale salto di categoria al patrimonio più vecchio. Al riguardo, secondo l'ENEA, attraverso l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio italiano, si potrebbero ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> addirittura del 45%.

Finora le riqualificazioni energetiche incentivate con la detrazione Irpef del 55%<sup>[16]</sup> sono state determinate non tanto dal risparmio energetico che avrebbero potuto consentire, quanto dalla loro semplicità ed economicità di esecuzione (per esempio, la maggior parte delle pratiche ha riguardato la sostituzione degli infissi). Guardando al futuro e considerando i processi di obsolescenza del patrimonio, sarebbe importante ragionare piuttosto in termini di performance: fissare cioè delle prestazioni energetiche minime, da conseguire anche per il patrimonio esistente, dalla scala insediativa a quella edilizia. (Censis-ANCE, 2011 doc. cit.)

In Italia, le difficoltà legate ad un incremento significativo del livello di qualità del patrimonio edilizio costruito, sono numerose e in gran parte note. In primis, una resistenza culturale (che ha certamente ragioni storiche facilmente rintracciabili) a considerare la possibilità di una trasformazione radicale dei tessuti urbani. In secondo luogo, le carenze degli strumenti urbanistici che, nella maggior parte dei casi, non contemplano la sostituzione dei tessuti urbanistici obsoleti come una delle possibili alternative di sviluppo urbano. Parallelamente, la pianificazione di area vasta consente incoerenze significative nelle previsioni insediative dei piani locali (ad esempio, tra le previsioni del comune capoluogo e la pianificazione dei comuni contermini). Infine, resta da rilevare la debole capacità di organizzazione e coordinamento delle amministrazioni pubbliche nel gestire operazioni complesse, come la mediazione tra gli interessi delle diverse categorie di soggetti interessate al sistema urbanistico (tra cui abitanti e investitori-imprenditori) in un Paese caratterizzato da una proprietà edilizia estremamente frazionata, che non può vantare la presenza di grandi investitori istituzionali (e comunque assai minore in rispetto al passato, a seguito delle dismissioni), così che soggettive operazioni di gestione del territorio finiscono per coinvolgere gruppi di soggetti sempre estremamente

numerosi, aumentandone il livello di complessità e difficoltà nell'arrivare ad una negoziazione condivisa degli interessi in gioco.

Intervenire sul patrimonio esistente e futuro puntando sulla qualità significa produrre benefici sociali diffusi: in alternativa, il rischio è quello di una proliferazione delle aree esterne a bassa accessibilità assolutamente disordinata e insostenibile, oltre all'aggravarsi del degrado e dei processi di obsolescenza dei vecchi insediamenti a bassa qualità costruttiva e urbanistica, quindi dell'aumento delle difficoltà e dei costi sociali che questi fattori già oggi determinano e che il nostro Paese si trova a pagare.

Una rivalorizzazione complessiva del patrimonio esistente richiede scale di intervento diverse e articolate: dall'operazione limitata al singolo edificio, ad operazioni complesse e integrate alla scala del progetto urbano.

Ciò non può che essere supportato dal coinvolgimento diretto delle famiglie e delle piccole imprese, oltre che dall'azione congiunta e coordinata di amministrazione pubblica, imprese e forme organizzate di rappresentanza sociale.

Progetti complessi, ad esempio alla scala di quartiere, inoltre possono contribuire a rigenerare anche dal punto di vista economico e sociale ambiti urbani che, svalutati nella loro componente fisica, risultano di conseguenza fortemente critici anche da un punto di vista sociale. Infatti, come dimostra l'esperienza di altri Paesi europei storicamente efficienti nelle azioni di rigenerazione urbana, quando la scala applicativa della riqualificazione investe interi ambiti urbani, i progetti non riguardano solo la dimensione fisica, ma perseguono un approccio integrato e multidimensionale.

Nello specifico, dal punto di vista energetico, intervenire sul patrimonio edilizio realizzato con tecnologie e materiali obsoleti consente progressi importanti. Il settore dell'edilizia, insieme a quello dei trasporti, presenta infatti il più alto potenziale di risparmio energetico. In Italia, i primi provvedimenti sull'efficienza energetica risalgono a metà degli anni Settanta e il 65% degli edifici nel nostro Paese è stato realizzato prima di queste importanti previsioni normative: risulta evidente quanto grandi siano le opportunità di intervento e con quali promettenti ricadute. (Censis-ANCE, 2011 *doc. cit.*)

### **3.2 Le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER)**

Come dichiarato nell'introduzione, l'obiettivo principale della ricerca è quello di contribuire alla definizione di uno strumento di riferimento pratico per selezionare le alternative disponibili e funzionale all'individuazione del mix di fonti energetiche rinnovabili più adatto per ciascun sito, in relazione alle sue caratteristiche territoriali.

La soluzione proposta parte dall'assunto che per valutare e decidere bisogna conoscere. In tal senso, la ricerca propone un'analisi sistematica delle risorse energetiche rinnovabili sito-disponibili, che rappresentano il potenziale energetico locale tecnicamente ed economicamente utilizzabile ed alternativo alle fonti fossili. In particolare, ciascuna fonte rinnovabile verrà prima inquadrata, prescindendo dal luogo d'uso e consumo, poi contestualizzata e infine comparata con fonti alternative, per valutarne l'adeguatezza e la convenienza di scelta e d'uso.

Per ogni FER si parte dalla descrizione della risorsa - naturale e non - utilizzata, si passa alla/e tecnologia/e disponibile/i, si definiscono i parametri fondamentali per la valutazione delle potenzialità di un sito rispetto alla FER considerata, i conseguenti livelli di producibilità energetica tecno-sito-specifici, i costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione, gli incentivi disponibili, i conseguenti tempi di ritorno dell'investimento.

A questa fase descrittiva dell'analisi, segue la lettura sistematica di vantaggi e svantaggi legati all'utilizzo di ciascuna FER, in riferimento alle diverse scale dimensionali d'intervento, che apre a sua volta a una fase comparativa tra le FER disponibili.

### **3.2.1 Quadro normativo**

Alcune delle vicende legislative presentate di seguito sono già state proposte nel capitolo 1 della ricerca, nell'ambito dell'evoluzione del concetto di sviluppo sostenibile, e vengono qui ripresentate per inquadrare le Fonti Energetiche Rinnovabili.

Il presente quadro normativo è stato ripreso da quello proposto da molti dei Piani di Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) sviluppati dai Comuni italiani e, nei fatti, sostanzialmente disattesi.

#### ***Scenario Internazionale.***

Nel 1992 la *Conferenza Mondiale delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo* di Rio de Janeiro ha portato per la prima volta all'approvazione di una serie di convenzioni su alcuni specifici problemi ambientali (clima, biodiversità e tutela delle foreste), nonché della *Carta della Terra*, in cui venivano indicate alcune direttive su cui fondare nuove politiche economiche più equilibrate. Soprattutto, la Conferenza portò alla redazione e approvazione del suo documento finale (poi denominato "Agenda 21"), quale riferimento globale per lo sviluppo sostenibile nel XXI secolo: costituisce ancora oggi il documento internazionale di riferimento per individuare le

iniziative necessarie per perseguire uno sviluppo che possa realmente dirsi sostenibile.

La *Carta di Alborg* (1994) costituisce il primo passo nell'attuazione dell'*Agenda 21 locale*, firmata da oltre trecento autorità locali durante la *Conferenza europea sulle città sostenibili*, in occasione della quale sono stati definiti i principi base per uno sviluppo sostenibile delle città e gli indirizzi per i piani d'azione locali.

Dopo cinque anni dalla Conferenza di Rio de Janeiro, la comunità internazionale è tornata a discutere i problemi ambientali, con particolare attenzione a quello del riscaldamento globale, in occasione della Conferenza di Kyoto (dicembre 1997). Il *Protocollo di Kyoto*, approvato dalla Conferenza delle Parti, è un atto esecutivo contenente le prime decisioni sull'attuazione di impegni ritenuti più urgenti e prioritari. Esso prende come riferimento l'anno 1990 e impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (Paesi dell'Est europeo) a ridurre del 5% entro il 2012 le principali emissioni antropogeniche di sei gas capaci di alterare l'effetto serra naturale del pianeta (anidride carbonica, metano, protossido di azoto, idrofluorocarburi, fluorocarburi ed esafluoruro di zolfo). Il Protocollo prevede che la riduzione complessiva del 5% delle emissioni di anidride carbonica venga ripartita tra Paesi dell'Unione Europea, Stati Uniti e Giappone; per gli altri Paesi, prevede invece stabilizzazioni o aumenti limitati delle emissioni, ad eccezione dei Paesi in via di sviluppo, per i quali non prevede alcun tipo di limitazione. La quota di riduzione dei gas serra fissata per l'Unione Europea è dell'8%, tradotta poi dal Consiglio dei Ministri dell'Ambiente in obiettivi differenziati per i singoli Stati membri. In particolare, per l'Italia è stato stabilito l'obiettivo del 6,5% (rispetto ai livelli del 1990). Al fine di raggiungere tali obiettivi, il trattato definisce inoltre meccanismi flessibili di "contabilizzazione" delle emissioni e di possibilità di scambio delle stesse, utilizzabili dai Paesi per ridurre le proprie emissioni ("Clean Development Mechanism"; "Joint Implementation ed Emissions Trading").

Il Protocollo di Kyoto è entrato in vigore il 16 febbraio 2005, senza tuttavia registrare l'adesione degli Stati Uniti. L'urgenza di definire strategie globali sui temi più urgenti per il futuro del pianeta (acqua, energia, salute, sviluppo agricolo, biodiversità e gestione dell'ambiente) ha motivato l'organizzazione di quello che è stato finora il più grande summit internazionale sullo sviluppo sostenibile: organizzato a Johannesburg dal 26 agosto al 4 settembre 2002, ha avuto l'obiettivo di verificare lo stato di attuazione degli impegni assunti a Rio dieci anni prima, nonché i progressi raggiunti in termini di miglioramento dell'ambiente e di sviluppo sostenibile.

Purtroppo, in tale occasione, si è constatato un peggioramento dell'equilibrio ecologico globale: la concentrazione di anidride carbonica è passata da 316 ppmv (parti per milione in volume) nel 1960 a 370 ppmv nel 2001, mentre la diminuzione delle foreste corre ad un ritmo di 140.000 km<sup>2</sup>/anno. Allo stesso modo, si è registrato un aumento della povertà mondiale, mentre il bisogno fondamentale di cambiare i modelli di produzione e di consumo dell'energia è stato quasi totalmente ignorato.

Con tale consapevolezza i capi di Stato e di Governo dei 191 Paesi partecipanti hanno ribadito l'impegno a conseguire uno sviluppo sostenibile, attraverso l'approvazione di un documento finale composto da una dichiarazione politica sullo sviluppo sostenibile, in cui sono stati imposti quali obiettivi fondamentali: la riduzione della povertà; il cambiamento dei modelli di consumo e produzione di energia; la protezione delle risorse naturali. Annesso a tale documento vi è anche un Piano di Azione sullo sviluppo sostenibile finalizzato alla ricerca di un equilibrio tra crescita economica, sviluppo sociale e protezione dell'ambiente.

La Conferenza delle Parti alla Conferenza dell'ONU sul clima (19 dicembre 2009, Copenhagen) ha preso atto di un accordo politico elaborato da un gruppo di capi di Stato e di Governo, in cui si evidenzia che i cambiamenti climatici sono una delle principali sfide contemporanee per l'umanità e che limitare il riscaldamento climatico sarà possibile solo attraverso una massiccia riduzione delle emissioni di gas serra. Attraverso l'*Accordo di Copenhagen*, che va detto non essere giuridicamente vincolante, viene chiesto al settore industriale e ai Paesi emergenti di rendere trasparenti le proprie misure nei confronti della Convenzione dell'ONU sul clima.

Il 2010 segna un ulteriore piccolo passo nella direzione di un'azione globale, con la Conferenza dell'ONU sul clima di Cancun che ha visto l'approvazione di due diversi documenti: uno sul futuro del Protocollo di Kyoto e l'altro un più ampio trattato sui cambiamenti climatici, che dovrà essere negoziato e adottato in un futuro summit.

Nel citato accordo, i Governi promettono un'azione urgente per evitare che le temperature globali salgano di due gradi Celsius, senza tuttavia specificare gli obiettivi precisi e vincolanti della riduzione di gas serra per tenere sotto controllo le temperature. È stato poi assunto l'impegno a lavorare per ottenere prima possibile un nuovo accordo che estenda il protocollo di Kyoto oltre il 2012 ed è stato creato il nuovo *Green Climate Fund*, dove dovranno confluire gli aiuti dei Paesi ricchi a quelli poveri per fronteggiare le emergenze determinate dai cambiamenti climatici ed adottare misure per prevenire il *global warming*.

### ***Scenario europeo***

Nel quadro mondiale di lotta contro i cambiamenti climatici, l'impegno dell'UE si concentra soprattutto sulla riduzione dei consumi e lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili.

Il Libro Verde del marzo 2006 intitolato *Una strategia europea per un'energia sostenibile, competitiva e sicura*, propone una strategia energetica per l'Europa per ricercare l'equilibrio fra sviluppo sostenibile, competitività e sicurezza dell'approvvigionamento, ed individua sei settori chiave su cui è necessario intervenire per raffrontare le sfide che si profilano. Il documento propone inoltre di fissare come obiettivo per l'Europa il risparmio del 20% dei consumi energetici.

Il 14 dicembre 2006, il Parlamento europeo ha adottato una risoluzione, fornendo una preziosa base per gli ulteriori lavori in materia.

Nel gennaio 2007 la Commissione ha presentato il pacchetto sul tema dell'energia per un mondo che cambia, che include una comunicazione intitolata "Una politica energetica per l'Europa".

Nelle conclusioni, il Consiglio Europeo riconosce che per il settore energetico mondiale si rende necessario adottare un approccio unitario e coeso per garantire un'energia sostenibile, competitiva e sicura. Il piano d'azione approvato dal Consiglio delinea gli elementi di un approccio europeo, ossia: un mercato interno dell'energia ben funzionante, solidarietà in caso di crisi, chiari obiettivi e impegni in materia di efficienza energetica e di energie rinnovabili, quadri per gli investimenti nelle tecnologie, in particolare per quanto riguarda la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica e l'energia nucleare.

L'impegno sottoscritto dal Consiglio Europeo dell'8-9 marzo 2007, conosciuto con lo slogan "Energia per un mondo che cambia: una politica energetica per l'Europa – la necessità di agire", ovvero la politica 20-20-20 all'orizzonte dell'anno 2020, indica la necessità di fissare obiettivi ambiziosi di lungo termine, a cui devono tendere le politiche di breve e medio termine. L'obiettivo dell'Unione Europea che si concretizza nel 20-20-20, stabilisce:

- il 20% di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>;
- il 20% di miglioramento dell'efficienza energetica;
- il 20% di produzione di energia da fonti rinnovabili.



Il 17 dicembre 2008, il Parlamento Europeo ha approvato le sei risoluzioni legislative che costituiscono il suddetto pacchetto, con oggetto:

- energia prodotta a partire da fonti rinnovabili;
- scambio di quote di emissione dei gas a effetto serra;
- sforzo condiviso finalizzato alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra;
- stoccaggio geologico del biossido di carbonio;
- controllo e riduzione delle emissioni di gas a effetto serra provenienti dai carburanti (trasporto stradale e navigazione interna);
- livelli di prestazione in materia di emissioni delle autovetture nuove.

È di tutta evidenza che l'efficacia dell'azione di governo a livello locale viene garantita solo attraverso la partecipazione attiva degli Enti Locali su base territoriale nel ruolo di protagonisti, nei settori in cui l'efficienza energetica può realmente fare la differenza e nella promozione di una cultura della sostenibilità, capace di stimolare una nuova sensibilità ecologica.

L'esigenza di intervenire nell'ambito dell'efficienza energetica deve stimolare le amministrazioni locali più accorte ad avviare iniziative in grado di superare lo stretto ambito territoriale di competenza: la disseminazione di buone pratiche si presta, infatti, a stimolare comportamenti emulativi presso altre realtà, così da innescare un salutare effetto moltiplicatore. A tal proposito la Commissione Europea DG TREN, ha lanciato un'iniziativa rivolta agli Enti Locali di tutti gli Stati Membri, chiamata "Patto dei Sindaci". Il Patto prevede un impegno dei Sindaci direttamente con la Commissione Europea, per raggiungere almeno una riduzione del 20% delle emissioni di CO<sub>2</sub> rispetto ai livelli del 1990, entro il 2020. Entro un anno dalla firma, le Amministrazioni dovranno presentare un Piano d'Azione in grado di raggiungere il risultato previsto. Nell'ambito di questa iniziativa, la DG TREN ha coinvolto la Banca Europea degli Investimenti (BEI), per mettere a disposizione le risorse per supportare economicamente gli ingenti investimenti sul patrimonio dei Comuni che si renderanno necessari per determinare forti riduzioni dei consumi energetici e una larga produzione da fonti rinnovabili.

La Commissione prevede di supportare in diversi modi gli organismi intermedi (Province, Regioni) che si offrono di coordinare e supportare le iniziative dei Sindaci in questo programma. Per l'Italia, il Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e

del Mare (MATTM) ha deciso di coordinare e supportare finanziariamente tutte queste iniziative di supporto.

Oltre a questo, l'Unione Europea ha incluso il tema della gestione dell'energia a livello regionale e urbano tra le azioni specifiche del programma comunitario di promozione dell'efficienza energetica (SAVE II) incentrato sul risparmio di energia, sull'uso delle fonti energetiche locali e sulla prevenzione degli sprechi di ogni tipo. L'obiettivo principale dell'azione specifica SAVE II è sostenere la creazione di agenzie regionali o urbane dell'energia per aiutare le autorità locali ad elaborare la propria strategia energetica e assisterle nell'azione di informazione, sensibilizzazione, consulenza obiettiva ed assistenza a tutti i consumatori in materia di risparmio energetico.

Già nel dicembre 1988 le Agenzie sorte sulla base dei finanziamenti del programma SAVE II, nell'incontro di Cork (Irlanda), hanno redatto e sottoscritto in sede comunitaria una *Carta delle Agenzie Europee regionali e locali per la gestione dell'energia*. Essa, oltre ad esporre i principi guida, gli obiettivi e le modalità di funzionamento che caratterizzano le Agenzie locali e regionali, sottolinea l'importanza della cooperazione e della dimensione di rete per una più efficace condivisione delle esperienze, per una migliore diffusione dei progetti e delle informazioni e per attivare le opportune sinergie con i livelli istituzionali e locali, nazionali ed europei, con le collettività locali e con il mondo produttivo.

La Legislazione è, quindi, articolata e matura.

### ***Scenario Nazionale***

Il 10 settembre 2007 è stato presentato al Commissario Europeo per l'energia il position paper *Energia: temi e sfide per l'Europa e per l'Italia*. Il documento, approvato il 7 settembre all'interno del Comitato Interministeriale per gli Affari Comunitari Europei, contiene la posizione del Governo italiano sul potenziale massimo di fonti rinnovabili raggiungibile dal nostro Paese. Nel testo sono contenuti, inoltre, gli elementi per l'avvio della discussione in sede comunitaria sugli obiettivi concordati dal Consiglio Europeo relativamente ai nuovi traguardi della politica europea in materia di fonti rinnovabili, riduzione delle emissioni di gas serra e risparmio energetico.

L'Italia ha inoltre presentato a Bruxelles il proprio piano di azione nazionale sull'efficienza energetica per ottenere il 9,6% di risparmio energetico entro il 2016, più di quanto prevede la direttiva europea 2006/32 (9%).

La recente L. 99/2009 ha previsto il varo di un *Piano straordinario per l'efficienza e il risparmio energetico*. Gli strumenti operativi sono molteplici: promozione della cogenerazione diffusa, misure volte a favorire l'autoproduzione di energia per le piccole e medie imprese, rafforzamento del meccanismo dei titoli di efficienza energetica, promozione di nuova edilizia a rilevante risparmio energetico e riqualificazione energetica degli edifici esistenti, incentivi per l'offerta di servizi energetici, promozione di prodotti nuovi altamente efficienti.

Tutti questi obiettivi e misure potranno confluire nella *Strategia energetica nazionale*, per la cui definizione è prevista una *Conferenza nazionale sull'energia e l'ambiente*, che sarà occasione anche per stabilire un ampio confronto con le diverse entità territoriali coinvolte nella questione. Specificamente per le fonti rinnovabili, la L. 99/2009 prevede che gli obiettivi comunitari circa l'uso delle energie rinnovabili siano ripartiti, con modalità condivise, tra le regioni italiane.

La recente legge comunitaria 2009 ha conferito delega al Parlamento per il recepimento della Direttiva 2009/28/CE, fissando specifici criteri per l'esercizio della delega. In base a tali criteri, sarà istituito un meccanismo di trasferimento statistico tra le regioni stesse ai fini del rispetto della suddetta ripartizione.

Secondo quanto stabilito dalla Direttiva 2009/28/CE, nel 2020 l'Italia dovrà coprire il 17% dei consumi finali di energia mediante fonti rinnovabili.

Per raggiungere gli obiettivi risulterà necessario incrementare consistentemente lo sfruttamento dei potenziali disponibili nel Paese, con particolare riferimento all'utilizzo delle fonti rinnovabili per riscaldamento/raffrescamento e all'uso dei biocarburanti nel settore dei trasporti. Le misure da attuare riguarderanno principalmente, oltre alla promozione delle fonti rinnovabili per usi termici e per i trasporti, lo sviluppo e la gestione della rete elettrica, l'ulteriore snellimento delle procedure autorizzative, lo sviluppo dei progetti internazionali. Fondamentali, risultano il coinvolgimento e il coordinamento tra le varie amministrazioni ed Enti Locali, nonché la diffusione delle informazioni.

Il nostro Paese da tempo ha posto notevole enfasi sullo sfruttamento delle energie rinnovabili. Pertanto, sono già disponibili numerosi meccanismi di sostegno, che assicurano la remunerazione degli investimenti in diversi settori delle energie rinnovabili e dell'efficienza energetica e favoriscono la crescita di filiere industriali. Al fine di raggiungere i propri obiettivi nazionali, l'Italia intende potenziare e razionalizzare i meccanismi di sostegno già esistenti:

- detrazioni fiscali del 55% delle spese sostenute per gli interventi di efficientamento energetico degli edifici, per l'installazione di pompe di calore, impianti solari termici, impianti a biomassa (per ora fino a tutto il 2012);
- obbligo per i nuovi edifici di copertura di una quota (50%) dei fabbisogni di energia per la produzione di acqua calda sanitaria mediante fonti rinnovabili, nonché di uso d'impianti a fonti rinnovabili per la produzione elettrica;
- agevolazioni fiscali per gli utenti allacciati alle reti di teleriscaldamento da fonte geotermica o biomasse;
- meccanismo dei titoli di efficienza energetica, cui possono accedere tecnologie quali gli impianti solari termici, le caldaie a biomassa e le pompe di calore, anche geotermiche;
- assenza di accisa per le biomasse solide alimentanti le caldaie domestiche.

Nel settore dei trasporti, il principale strumento previsto dalla legislazione italiana per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili è costituito dall'obbligo, imposto ai soggetti che immettono in consumo carburanti per autotrazione, di immettere in consumo anche una determinata quota di biocarburanti (il biodiesel, il bioetanolo e i suoi derivati, l'ETBE e il bioidrogeno, sulla base della vigente legislazione).

Per quanto riguarda il settore elettrico, i principali meccanismi di sostegno in vigore per la produzione di elettricità da fonti rinnovabili sono:

- incentivazione dell'energia elettrica prodotta da impianti a fonti rinnovabili con il sistema dei *Certificati Verdi*, basato su una quota d'obbligo di nuova produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili;
- incentivazione con tariffe fisse omnicomprensive dell'energia elettrica immessa in rete dagli impianti a fonti rinnovabili fino a 1 MW di potenza (0,2 MW per l'eolico), in alternativa ai *Certificati Verdi*;
- incentivazione degli impianti fotovoltaici e solari termodinamici con il meccanismo del "conto energia"<sup>[17]</sup>;
- modalità di vendita semplificata dell'energia prodotta e immessa in rete a prezzi di mercato prestabiliti;
- possibilità di valorizzare l'energia prodotta con il meccanismo dello scambio sul posto<sup>[18]</sup> per gli impianti di potenza sino a 200 kW;
- priorità di dispacciamento per le fonti rinnovabili;

- collegamento alla rete elettrica in tempi predeterminati e a condizioni vantaggiose per i soggetti responsabili degli impianti.

Preme citare il DM del 21/09/2010 *Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili*, approvato dal Ministero dello Sviluppo Economico di intesa con la Conferenza Stato-Regioni, che dopo un lungo vuoto legislativo dovrebbe riuscire ad armonizzare i procedimenti amministrativi regionali per la realizzazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili.

Infine, in seguito alla sentenza della Corte Costituzionale n. 119/10, si è proceduto all'approvazione della Legge Comunitaria 2009/28, che introduce semplificazioni per l'installazione di impianti alimentati da fonti alternative e fissa un limite temporale per la definizione degli obiettivi sul risparmio energetico. Difatti, l'articolo 17 della legge che adempie agli obblighi derivanti dall'appartenenza all'Unione Europea si pone come quadro per le successive norme nazionali, e stabilisce che nella predisposizione del decreto legislativo di attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE, il Governo dovrà attenersi a determinati principi, tra i quali la semplificazione delle procedure di autorizzazione, attraverso l'applicazione della DIA (Denuncia di Inizio Attività) agli impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili con capacità di generazione non superiore a 1 MW elettrico. Pertanto, in sede di recepimento della normativa comunitaria, l'applicazione dell'istituto della denuncia di inizio di attività alle fonti rinnovabili fino ad 1MW diverrà utilizzabile in tutto il territorio nazionale.

***Produzione dell'energia: "dall'edificio all'insediamento".***

Tra le principali novità introdotte dalla **Direttiva 31/2010/UE Prestazione energetica nell'edilizia** - approvata dal Parlamento Europeo il 18 maggio 2010 e che dallo scorso 1 febbraio 2012 ha abrogato e sostituito la Direttiva 2002/91/CE *sul rendimento energetico nell'edilizia* - vi è **l'obbligo di costruire edifici ad energia quasi zero** entro il 31 dicembre 2020 o entro il 31 dicembre 2018 per quelli occupati o di proprietà degli Enti Pubblici. All'articolo 9 la Direttiva chiarisce che un edificio ad energia quasi zero "è un edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da Fonti Rinnovabili", compresa quella **prodotta in loco o nelle vicinanze**. Questo è un passaggio molto importante perché chiarisce che ciò che conta è la natura dell'energia consumata (ovvero da fonte rinnovabile) e non la localizzazione della sua produzione, potendo così scegliere se acquistarla dall'esterno

o auto produrla, in loco o con produzione delocalizzata supportata da una doppia rete di trasmissione elettrica e termica.

***“Una nuova opera di urbanizzazione primaria per la trasmissione dell’energia termica”***

Il Decreto Legislativo n.28 del 3 marzo 2011, di recepimento della Direttiva Europea 2009/28/UE sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, ha tra gli obiettivi quello di ridurre gli oneri indiretti legati al processo di realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili e prevede, tra le altre novità in materia, lo sviluppo delle infrastrutture per il teleriscaldamento e il teleraffrescamento, stabilendo che tali infrastrutture dovranno essere assimilate ad ogni effetto alle opere di urbanizzazione primaria di cui al DPR 380/2001 *Testo Unico dell’edilizia*. Viene, inoltre, istituito un apposito fondo di garanzia a valere sul consumo di gas metano a sostegno della realizzazione delle suddette reti e definite le modalità di accesso al citato fondo di garanzia.

Il quadro normativo descritto mostra come l’attenzione alla questione energetica sia di fatto consolidata nel Diritto. Tuttavia i piani di governo del territorio, sebbene abbiano recepito i principi base per uno sviluppo attento alla questione energetica, faticano a tradurli in prescrizioni che garantiscano il passaggio concreto dalla norma all’azione. Inoltre, come abbiamo già avuto modo di sottolineare, finora a livello locale i requisiti per il risparmio energetico e l’uso di FER sono richiesti solo per gli interventi di ristrutturazione edilizia e di nuova costruzione: la dimensione urbana non viene considerata.

Per accelerare il passaggio allo sviluppo sostenibile è quindi necessario uscire dalla scala edilizia, applicando i requisiti prestazionali anche alle scale insediativa e territoriale. Una possibile soluzione sta nella concreta integrazione dei Piani Energetici Regionali e Comunali (PER e PEC) negli strumenti urbanistici.

**3.2.2 I Piani Energetici: dalla Legge 10 agli Strumenti Urbanistici**

Con la L. 9 gennaio 1991, n. 10 *Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, viene richiesto alle Regioni la stesura di Piani Energetici Regionali (PER), che devono indicare le azioni necessarie all’attuazione di interventi per l’uso razionale dell’energia, il risparmio energetico e lo sviluppo di fonti rinnovabili.

Tra le previsioni dell’articolo 5 della L. 10/1991, il fatto che i PER devono contenere indicazioni sui bilanci energetici, l’individuazione di bacini energetici territoriali

(aree ed “isole energetiche” idonee agli interventi più significativi e redditizi, in termini di risparmio ed uso razionale del vettore energetico), l’individuazione delle risorse finanziarie da destinare alla realizzazione di nuovi impianti di produzione di energia, la formulazione di obiettivi secondo priorità d’intervento, le procedure per l’individuazione e la localizzazione di impianti per la produzione di energia fino a 10 MW.

Lo stesso art. 5 della L. 10/1991 al comma 5 stabilisce che i Piani Regolatori dei Comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti devono prevedere uno specifico piano a livello comunale relativo all’uso razionale dell’energia e all’uso di fonti rinnovabili: il Piano Energetico Comunale (PEC).

Al fine di potere attuare le azioni individuate dal PEC, le Regioni hanno il compito (comma 1 dell’art. 9 della L. 10/1991) di concedere ed erogare contributi finalizzati:

- al sostegno di iniziative messe in atto per la riduzione dei consumi energetici, del miglioramento dell’efficienza energetica e dell’utilizzo di fonti rinnovabili (art. 8 della L. 10/1991);
- alla realizzazione e modifica di impianti, sistemi o componenti, in grado di garantire un contenimento dei consumi energetici nei settori industriale, artigianale e terziario (art. 10 della L. 10/1991).

La L.10/1991 rappresenta, quindi, per le Amministrazioni Comunali, il riferimento legislativo per la stesura e l’applicazione dei PEC, in quanto consente l’individuazione degli strumenti attuativi, dei settori e delle aree prioritarie interessate dagli interventi energetici. Tuttavia la Legge 10/1991, se dà precise prescrizioni per la stesura dei PER, non dà indicazioni specifiche all’Amministrazione Comunale per la formazione dei PEC: restano così ampi margini di discrezionalità nella scelta degli interventi. Questa discrezionalità rimane - viste le indicazioni del comma 5 dell’art. 5 - inevitabilmente circoscritta negli strumenti urbanistici e territoriali (PRG e Regolamento Edilizio o PSC, POC e RUE) che, quindi, costituiscono le discipline a cui fare riferimento per l’applicazione e l’attuazione dei PEC stessi.

A fronte delle politiche energetiche sopra riportate, alcuni degli impegni che l’Amministrazione Comunale dovrebbe prendere e integrare negli strumenti di governo del territorio per dare attuazione al PEC, possono essere riassunte nei seguenti punti, anche se in maniera non esaustiva:

- l’attivazione di uno Sportello per l’Energia;
- la traduzione delle politiche energetiche in specifici requisiti e livelli prestazionali, che le trasformazioni urbanistiche ed edilizie dovranno rispettare;
- la certificazione energetica degli edifici e degli insediamenti (come ad esempio il LEED per i quartieri);
- l’individuazione di “isole energetiche” o “distretti energetici”;

- l'applicazione dei principi della perquazione per distribuire diritti e doveri legati alle politiche energetiche sopra indicate;
- la valorizzazione delle potenzialità locali per lo sfruttamento delle FER (solare fotovoltaico, solare termico, biomasse, ecc.);
- l'efficientamento degli edifici pubblici e dell'illuminazione pubblica;
- l'implementazione di un sistema di mobilità sostenibile (potenziamento dei trasporti pubblici, rete di percorsi ciclopedonali, Zone 30, ecc.).

### 3.2.3 Definizioni e identificazione

A livello normativo è riconosciuta come “energia da fonti rinnovabili”: l'energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica, geotermica, idrotermica e oceanica, idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas. (Dir. 2009/28/CE, Dir. 2001/77/CE, D.Lgs. 387/2003 e L.R. dell'Emilia Romagna 26/2004).

Nell'ingegneria energetica, con il termine “energie rinnovabili” si intendono quelle generate da fonti di energia che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani" e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future. Sono dunque forme di energia alternative alle tradizionali fonti fossili e molte di esse hanno la peculiarità di essere anche energie pulite, ovvero di non immettere in atmosfera sostanze nocive e/o climalteranti quali ad esempio l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). Al contrario, quelle "non rinnovabili", sia per i lunghi periodi di formazione di molto superiori a quelli di consumo attuale (in particolare le fonti fossili quali petrolio, carbone, gas naturale), sia perché presenti in riserve esauribili sulla scala dei tempi umana (in particolare l'isotopo 235 dell'uranio, l'elemento attualmente più utilizzato per produrre energia nucleare), sono limitate nel futuro.

Se la definizione in senso stretto è quella sopra enunciata, spesso vengono usate come sinonimi anche le locuzioni "energia sostenibile" e "fonti alternative di energia". Esistono tuttavia delle sottili differenze nell'uso della terminologia. “Energia sostenibile” è una modalità di produzione e uso dell'energia, che permette uno sviluppo sostenibile: ricomprende dunque anche l'aspetto dell'efficienza degli usi energetici. “Fonti alternative di energia” sono invece tutte quelle fonti di energia non fossili, ovvero diverse dagli idrocarburi o dal carbone: rientra tra queste, ad esempio, anche l'energia nucleare. Tuttavia, non sembra individuabile una definizione univoca e universalmente condivisa dell'insieme delle fonti rinnovabili. Secondo la normativa italiana di riferimento, vengono considerate "rinnovabili":

- Energia idroelettrica:



- Energia mareomotrice
- Energia del moto ondoso
- Energia talassotermica
- Energia geotermica
- Energia solare (termica, fotovoltaica e solare termodinamico a concentrazione)
- Energia eolica
- Energia da biomasse:
  - Biogas
  - Olii vegetali
  - Biodiesel
  - Cippato
- Termovalorizzazione di CDR (Combustibile Derivato dai Rifiuti)

Riepilogando, in estrema sintesi, “le principali caratteristiche delle FER sono il fatto di essere *rinnovabili e pulite*:

- “rinnovabile”, indica una fonte di energia che si rigenera con una velocità decisamente superiore rispetto alle fonti esauribili, in riferimento alla scala dei tempi umani, e pertanto sono fonti che se gestite correttamente sono praticamente inesauribili e non pregiudicano le risorse naturali per le generazioni future.
- “Pulita”, sta ad indicare quella fonte di energia che non emette sostanze inquinanti nell’ambiente anche se, come vedremo dettagliatamente in seguito, ciascuna fonte rinnovabile esaminata presenta almeno in parte un certo livello di inquinamento derivante direttamente dall’esercizio o indirettamente nella fase di progettazione, trasporto e smaltimento; seppur nettamente inferiore rispetto a quello che producono le fonti fossili” ([www.energiab.it](http://www.energiab.it), 13/10/2011).

### 3.2.4 Potenzialità e barriere alla diffusione

L’utilizzo delle FER consente il raggiungimento di numerosi vantaggi, a livello sociale, economico e territoriale e si tratta di fattori di produzione di valore positivo in riferimento non solo alla dimensione locale della loro applicazione, ma a livello nazionale di sistema-Paese. Basti pensare, solo per dare un riferimento contemporaneo ancora in corso, alle scelte del Cancelliere Angela Merkel, che ha deciso di chiudere una buona parte delle centrali nucleari tedesche, dirottando i capitali al finanziamento delle energie rinnovabili. Questa operazione, valutata solo in termini di impatto economico e sociale, ha fruttato alla nazione la creazione di centinaia di migliaia di nuovi posti di lavoro (con stipendi che in Germania, si sa,

essere in media il doppio di quelli italiani). La nota paradossale di questa situazione sta nel fatto che l'incidenza della radiazione solare sul territorio tedesco è la metà di quella italiana.

Tornando ai vantaggi nell'utilizzo delle FER, questi sono ravvisabili in:

- un impatto ambientale trascurabile, per quanto riguarda il rilascio di inquinanti nell'aria, nell'acqua e nel suolo.
- Un impatto sul territorio ampio, ma temporaneo, poiché in nessun caso l'utilizzo delle FER impone trasformazioni irreversibili.
- Una natura diffusa, dovuta alla bassa densità energetica, che consente di coniugare produzione di energia, presidio e gestione del territorio, e contribuisce a contrastare i fenomeni di spopolamento e degrado.
- La possibilità di un più diretto coinvolgimento delle popolazioni e delle Amministrazioni locali nelle trasformazioni finalizzate all'utilizzo delle fonti rinnovabili, con conseguente attuazione del concetto di *glocalità* e di una ripresa della crescita economica, nonché la creazione di nuovi posti di lavoro.
- Ridurre la dipendenza energetica dall'estero, con una conseguenze maggiore sicurezza nell'approvvigionamento. Infatti "l'Italia importa l'85% dell'energia dall'estero. Dal punto di vista strategico riuscire ad ottenere una certa autonomia consente di migliorare la programmazione e ottenere quindi benefici che potrebbero essere tradotti in termini economici, a tutto vantaggio delle rinnovabili." (Coiante D., 2004)

A ben guardare, quindi, lo sviluppo delle FER, unitamente alla diffusione delle tecniche di uso efficiente dell'energia, sembra una condizione indispensabile al raggiungimento di uno sviluppo sostenibile.

Insieme ai vantaggi, tuttavia, è importante evidenziare anche i principali svantaggi legati all'utilizzo delle FER, che riguardano:

- una forte discontinuità nella disponibilità energetica offerta;
- una bassa densità di potenza per unità di superficie o per unità di massa impegnata, per alcune FER e se applicate in particolari contesti;
- un alto costo delle tecnologie e dei costi di produzione, anche se in costante discesa;
- una difficoltà materiale ed elevati costi di stoccaggio (energia o materia prima).

Quindi le FER possono o non possono considerarsi l'alternativa alle fonti fossili? E ancora: un loro ulteriore sviluppo risulta necessario?

Certamente le Fonti di Energia Rinnovabile, allo stato attuale, non sembrano poter sostituire completamente quelle fossili. Tuttavia, un loro ulteriore sviluppo appare

necessario: una soluzione complementare, necessaria, anche se non sufficiente, per risolvere la questione energetica.

Studi autorevoli (*International Energy Outlook 2011*, EIA- *Energy Information Administration*; *Energy Report*, 3 febbraio 2011, WWF in collaborazione con Ecofys e OMA) dimostrano come nei Paesi industrializzati, occorre sostituire quote sempre più ingenti di fonti fossili con fonti rinnovabili, accompagnate da metodi di uso razionale dell'energia. Ciò permetterebbe di garantire gli stessi servizi a costi economici confrontabili, ma a costi ambientali e politici molto più contenuti.

Nei Paesi in via di sviluppo, dove la domanda energetica è in forte crescita, una scelta fortemente strategica sarebbe quella di introdurre le nuove fonti rinnovabili sin dalla fase iniziale dello sviluppo di un sistema energetico: ciò porterebbe enormi benefici in termini di crescita sociale ed economica e una riduzione delle spinte migratorie verso le regioni occidentali. (<http://retenergetica.altervista.org/>, 18/12/2011)

Nel frattempo, secondo i dati forniti dal Gestore del Sistema Elettrico (GSE) italiano, il contributo della produzione netta di energia elettrica da fonti rinnovabili è passato in Italia dal 21,2% del 2009 al 22,8% del 2010. Il dato è importante, anche se rimane il fatto che, dei 76,9 TWh di produzione da rinnovabili, il 67% è stato realizzato grazie all'energia idroelettrica.

Di seguito cercheremo, quindi, di fornire un quadro di sintesi delle principali fonti rinnovabili (solare, eolico, geotermico, idroelettrico e biomasse), per provare ad offrire una risposta strumentale al potenziamento dello sviluppo dell'utilizzo delle FER, legato alle caratteristiche specifiche del territorio. Cercheremo, inoltre, di fornire gli strumenti per operare una valutazione oggettiva delle reali potenzialità che le FER hanno nel passaggio da una generazione centralizzata ad una generazione distribuita dell'energia.

L'analisi sarà focalizzata sui tre aspetti ritenuti imprescindibili per settare le scelte di governo del territorio: tecnologia, parametri caratterizzanti, vantaggi e svantaggi alla diffusione alle diverse scale (da quella territoriale fino a quella edilizia).

Come vedremo, molte delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili hanno già superato la fase di ricerca, raggiungendo la fase di commercializzazione e diffusione su larga scala: alcune sono già competitive rispetto a quelle tradizionali o lo saranno a breve termine.

Come abbiamo già notato, sebbene le FER abbiano avuto negli ultimi anni un forte sviluppo, non sono ancor mature per competere con le fonti fossili. Infatti, come vedremo, ad eccezione dell'eolico e dell'idroelettrico, tutte le altre FER hanno bisogno di aggiustamenti tecnologici e di una riduzione dei costi delle materie prime.

È vero anche che il confronto sarà impari fino a quando la comparazione riguarderà solo i costi per la produzione dell'energia, senza considerare i cosiddetti costi indiretti, legati cioè all'impatto ambientale, alle spese sanitarie e a quelle di dispacciamento e commercializzazione dell'energia.

Un approccio valutativo, che in qualche modo cerca di andare oltre un confronto puramente economico e temporalmente istantaneo tra le fonti primarie (confronto legato alla situazione dei prezzi delle fonti di oggi, non di ieri o di domani), è quello che utilizza l'indice EROEI.

EROEI è un acronimo inglese che sta per *Energy Return On Energy Investment*, ovvero *Ritorno Energetico sull'Investimento Energetico*, che analiticamente esprime il rapporto fra l'energia che produrrà un impianto durante tutto l'arco della sua vita e quella necessaria al suo stesso ciclo di vita: ovvero l'energia necessaria per costruire, mantenere in vita e poi smantellare l'impianto, compresa la filiera del combustibile o della fonte che utilizza.

$$\text{EROEI} = \frac{\text{ENERGIA RICAVATA}}{\text{ENERGIA CONSUMATA}}$$

Un impianto ovviamente è conveniente solo se ha un valore di EROEI maggiore di 1.

L'indice EROEI permette di comparare efficacemente processi e fonti energetiche molto diverse tra loro, come appunto le fossili con le rinnovabili, ma la sua stima è piuttosto complessa e ha significativi margini di discrezionalità. Nella sua valutazione entrano in gioco, infatti, molte grandezze che non si possono determinare con totale precisione, in quanto dipendono da considerazioni economiche, politiche e sociali. È questo il motivo per cui l'EROEI non è mai un valore assoluto, bensì un intervallo di valori più o meno ampio.

In prima battuta, l'indice EROEI potrebbe risultare un formidabile strumento per operare la scelta fra le diverse fonti energetiche, ma come abbiamo visto si tratta di un valore contenente tutta una serie di variabili difficili da controllare. Ciononostante è sintomatico che l'indice EROEI delle fonti rinnovabili risulti già oggi più che buono (Fig. 3.3.1), paragonabile e in alcuni casi superiore a quello delle fonti fossili. È anche significativo che il valore dell'EROEI del petrolio negli "anni d'oro" dell'era petrolifera fosse pari a 50-100, mentre oggi si è ridotto drasticamente a 5-15, a causa del graduale esaurimento dei giacimenti e della conseguente impennata dei prezzi del grezzo.

Risulta evidente, quindi, come nel confronto tra fonti di energia fossili e FER esistano una forte discrezionalità degli elementi di giudizio applicati e difficoltà di varia natura, che contrastano l'effettiva diffusione delle rinnovabili nel sistema energetico

Fig.3.3.1 Tabella dei valori dell'EROEI dal lavoro di David Elliott e di Ian Hore-Lacy (D. Elliot "A Sustainable Future" ([www.feasta.org/documents/wells/two/wellselliott.html](http://www.feasta.org/documents/wells/two/wellselliott.html)) Ian Hore-Lacy pubblicato in "Before the wells Run Dry" Feasta 2003).

Tecnologia	EROEI (Elliott)	EROEI (Hore-Lacy)	EROEI Altri autori	Note
Grande idroelettrico	50-250	50-200		Decade con il degrado dei bacini
Mini idro	30-270			
Petrolio ieri	50-100			Fino al 1970, circa
Petrolio oggi			5-15 <sup>11</sup>	Pozzi in esaurimento rendono l'estrazione sempre più costosa
Eolico	5-80	20		Dipende dai siti. Potrebbe essere un ottimo valore, 50-100, per le coste del Mare del Nord. E' minore (forse intorno a 20) per un tipico sito in Italia.
Nucleare	5-100	10-60	<1 <sup>12</sup>	Come ovvio, ci sono infinite controversie su questo valore. Secondo alcuni, la tecnologia nucleare standard, "reattori ad acqua leggera" potrebbe avere una resa energetica minore di 1. Tuttavia, quasi certamente i reattori nucleari moderni hanno una resa energetica discretamente buona anche se non necessariamente superiore a quella di molte tecnologie rinnovabili
Fotovoltaico a film sottile			25-80 <sup>13</sup>	
Fotovoltaico convenzionale (silicio)	3-9	4-9		
Carbone	2-7	7-17		
Gas Naturale		5 - 6		
Biomassa	3-5	5-27		
Etanolo			0,6 <sup>14</sup> -1,2 <sup>15</sup>	Ci sono molte controversie sull'EROEI dell'etanolo. Secondo Patzek e Pimentel è minore di 1, ma altri autori ritengono che sia intorno a 1.2 con particolari accorgimenti. Potrebbe non essere una cattiva idea, ma la cosa va fatta con molta cura
Sabbie bituminose			<1?	Anche sulle sabbie bituminose ci sono molte controversie. Può darsi che l'EROEI di estrazione sia maggiore di 1, ma è sicuramente basso e, secondo alcuni, minore di 1

nazionale e internazionale. Queste difficoltà diventano più stringenti in conseguenza della sovrapposizione di limiti ambientali, economici, tecnologici e tecnici.

I limiti ambientali possono addirittura portare a difficoltà di accettazione da parte degli utenti finali, ma spesso il problema sta in una carenza informativa rispetto alle caratteristiche (reali vantaggi e svantaggi) dell'utilizzo delle FER.

I limiti economici e finanziari, invece, sembrano essere quelli che costituiscono il freno principale alla diffusione delle FER: il mercato energetico, infatti, non considera i costi ambientali e sociali e i rischi sanitari legati alle emissioni climalteranti prodotte dalla produzione di energia da fonti fossili. Le potenzialità d'uso delle FER sono, inoltre, ostacolate dagli alti costi di investimento, non sempre coperti da finanziamenti da parte del sistema bancario che spesso considera le FER un investimento ad alto rischio, se non supportato da incentivi statali o locali.

D'altra parte, la produzione da fonti rinnovabili risulta priva di emissioni di gas serra, utile alla creazione di posti di lavoro e alla riduzione dell'incidenza del costo dell'energia sui beni di consumo, all'indipendenza energetica, nonché al recupero di aree marginali degradate: queste considerazioni potrebbero rappresentare la giusta

chiave di lettura per una comparazione più equilibrata tra le fonti di energia fossili e rinnovabili.

I limiti tecnici e tecnologici riguardano innanzitutto i ridotti rendimenti energetici e i costi elevati di alcune materie prime (basti pensare al silicio per il fotovoltaico) e difficoltà di stoccaggio dell'energia; l'affidabilità funzionale e la variabilità nella durata dei diversi componenti tecnologici dei sistemi di produzione; la difficoltà di messa in rete delle produzioni distribuite sul territorio, che necessitano di una riconversione della rete di distribuzione verso le *Smart Grid*; la mancanza di una filiera produttiva locale delle componenti tecniche e tecnologiche e la carenza di figure professionali tecniche specializzate.

Esistono, inoltre, una serie di considerazioni più generali in riferimento al rapporto energie fossili – FER, di ordine politico - decisionale, che riguardano una scarsa visione strategica di lungo periodo e un rapporto sostanzialmente intermittente tra normativa e relativa applicazione. Il Piano Energetico Nazionale, che la Direttiva Europea “20-20-20” richiede agli stati Membri di predisporre, dovrebbe contenere proprio questa visione strategica e indirizzare le scelte verso le misure che garantiscono maggiori e stabili investimenti sulle azioni a più alto rendimento. Non si capisce infatti perché la misura della detrazione del 55% (legata agli interventi di riqualificazione ed efficientamento energetico del patrimonio costruito), che richiede un contributo statale inferiore al Conto Energia per il fotovoltaico (800 milioni vs 2 miliardi di euro), sia ripetutamente messa in discussione dalle manovre finanziarie, nonostante garantisca un ritorno elevato in termini finanziari ed economici e offra possibilità di lavoro ai tecnici e alle aziende locali: effetti notevolmente superiori a quelli prodotti dal Conto Energia.

Inoltre, il nostro sistema di incentivi non sembra trattare in maniera equa e uniforme tutte le fonti energetiche rinnovabili, ma sembra privilegiare, a nostro avviso paradossalmente, le fonti più costose: il risultato è che in alcuni casi non si riesce a sfruttare le potenzialità di un territorio, perché riguardano una fonte energetica sotto finanziata.

Dopo queste premesse, passiamo ad esaminare le diverse FER. Acqua, Aria, Fuoco e Terra sono i quattro elementi naturali da cui traggono origine: sarà questo l'ordine "elementare" con il quale analizzeremo l'idroelettrica, l'eolico, il geotermico, il solare fotovoltaico e termico, i biogas e le biomasse.

### 3.2.5 Idroelettrica

#### *Definizione*

Il termine "idroelettrica" deriva dal greco: ὕδρος (=acqua) e ἑλεκτρον (= che produce elettricità), ovvero "energia dall'acqua". Si tratta, quindi, di energia elettrica ottenuta dalla trasformazione dell'energia cinetica e/o potenziale-gravitazionale dell'acqua.

#### *Tecnologia*

La tecnologia dell'idroelettrico, dopo quasi due secoli di utilizzo, è giunta a piena maturazione arrivando al suo potenziale tecnico.

La trasformazione dell'energia potenziale in energia meccanica dell'acqua avviene mediante l'uso di *turbine*, messe in rotazione dalla massa d'acqua che transita al loro interno. La potenza meccanica disponibile all'asse della turbina può essere impiegata direttamente per compiere lavoro, come nel caso dei mulini ad acqua, o per produrre energia elettrica, attraverso il collegamento - tramite opportuni riduttori - dell'asse della turbina ad un *alternatore*.

A monte di questo sistema tecnologico, le componenti che completano l'impianto idroelettrico sono:

- le *opere di presa e derivazione*, poste a monte della turbina, mediante le quali l'acqua viene prelevata e trasportata alla centrale;
- le *opere di filtraggio*, finalizzate a trattenere le impurità e a salvaguardare la turbina;
- la *centrale*, che ospita i dispositivi che producono l'energia elettrica e che sono:
  - *turbina idraulica*;
  - *alternatore*;
  - *trasformatore*, che modula le caratteristiche della corrente elettrica prodotta (cioè abbassa l'intensità e alza la tensione del vettore elettrico), rendendola idonea al convogliamento nelle linee di trasmissione a grande distanza;
  - *sistemi di controllo e automazione*: dispositivi che regolano il funzionamento dell'impianto, tramite la misura dell'energia elettrica prodotta, il controllo dei parametri funzionali dell'impianto, la gestione delle fasi di avvio e fermata, l'interfaccia con la rete di distribuzione

elettrica. Molte centrali idroelettriche operano automaticamente senza la presenza permanente di personale;

- *opere di restituzione*: sistema di trasporto dell'acqua in uscita dalla turbina per la restituzione al corso d'acqua, a valle, delle portate prelevate a monte.

Gli impianti idroelettrici, per produrre energia, sfruttano la caduta d'acqua attraverso un dislivello, oppure la velocità di una corrente d'acqua.

La potenza di un impianto che utilizza una **caduta** dipende da due fattori:

- la **portata (Q)** ( $\text{m}^3/\text{sec}$ ), ossia quanta acqua passa per un punto nell'unità di tempo;
- il **salto** o la **caduta (H)** (m), ossia il dislivello altimetrico esistente fra la quota a cui è disponibile la risorsa idrica svasata e il livello a cui la stessa viene restituita dopo il passaggio attraverso la turbina.

Mentre la potenza di un impianto che utilizza una **corrente** d'acqua, analogamente ad un impianto eolico, dipende da altri due fattori:

- la **velocità (m/sec)** della corrente;
- la **superficie attiva della turbina ( $\text{m}^2$ )**, ossia dalla superficie di contatto tra l'acqua e la turbina.

A parità di velocità e superficie attiva, la potenza sviluppata da un impianto idroelettrico è 10 volte superiore rispetto a quella sviluppata da un impianto eolico, che come vedremo ha tra i suoi punti deboli proprio una bassa densità elettrica.

Gli impianti possono essere classificati:

1. In base alla potenza sviluppata:

- microimpianti: potenza  $< 100$  kW;
- mini-impianti: 100 kW – 1 MW;
- piccoli impianti: 1 – 10 MW;
- grandi impianti: potenza  $> 10$  MW.

2. In base alla caduta o salto (H):

- Bassa caduta:  $H < 50$  m;
- Media caduta:  $H = 50-250$  m;



- Alta caduta:  $H = 250-1000$  m;
- Altissima caduta:  $H > 1000$  m.

### 3. In base alla portata (Q):

- Piccola portata:  $Q < 10$  m<sup>3</sup>/s;
- Media portata:  $Q = 10-100$  m<sup>3</sup>/s;
- Grande portata:  $Q = 100-1000$  m<sup>3</sup>/s;
- Altissima portata:  $Q > 1000$  m<sup>3</sup>/s. ([www.energoclub.it](http://www.energoclub.it), 27/02/2012)

### ***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito e potenziale nazionale***

La scelta del sito deve essere condotta sulla base di determinati parametri:

- presenza di corsi o bacini d'acqua (acquedotti, canali artificiali, torrenti, fiumi, laghi, mare) e di particolari condizioni tecniche, naturali e geomorfologiche (salti geodetici del terreno);
- portata, salto o caduta, velocità dell'acqua;
- disponibilità dei terreni, di cui andrà fatta una verifica delle proprietà e dei vincoli (paesaggistici, ambientali, archeologici, storico-culturali);
- accessibilità del sito;
- distanza dalla rete di distribuzione.

Secondo i dati forniti dal GSE, il contributo alla produzione netta di energia elettrica da idroelettrico è pari a 50,6 TWh e rappresenta il 15,3% del fabbisogno totale italiano. Questo stesso contributo rappresenta, come già notato, il 67 % dell'energia prodotta in Italia da tutte le rinnovabili.

Va poi precisato che questa produzione deriva soprattutto dai grandi impianti (Potenza > 10 MW), il cui margine di crescita, però, è residuale, in considerazione del fatto che le grandi risorse idriche disponibili sul territorio nazionale sono già tutte utilizzate.

Studi autorevoli convengono nell'affermare che il territorio italiano ha una potenzialità idroelettrica annua di circa 65 TWh, a fronte di una produzione energetica lorda di circa 50,6 TWh, nel 2010. Il margine percentuale tra potenzialità e produzione potrebbe essere utilizzato mediante la diffusione di impianti di piccola taglia, più versatili e con ridotti effetti negativi sull'ambiente. Infatti, su piccola scala, potrebbero ad esempio essere utilizzati piccoli salti d'acqua negli acquedotti, nei canali irrigui o di bonifica, nei rigagnoli o nei torrenti di montagna.

Un esempio emblematico è proprio nel centro della città di Bologna, dove l'acqua del canale Cavaticcio si deriva dal canale Reno con un salto di 14,80 m. In prossimità del salto, interrata a 20 m, è stata installata una turbina che, utilizzando una portata media di 8 m<sup>3</sup>/s e, quindi, una potenza di 1500 kW, produce 8,2 milioni di KWh l'anno, funzionando 5300 ore l'anno, nei mesi da ottobre a maggio.

Purtroppo, quella del Cavaticcio rimane un'esperienza isolata in una città come Bologna, dove esiste una rete storica di canali tra le più avanzate in Europa, creata allo scopo di collegare la città con il fiume Reno e indirettamente con il Po e fornire acqua ed energia meccanica agli opifici della città. Perché allora non utilizzare l'intero potenziale elettrico di questa energia meccanica, che i nostri antenati sfruttavano abilmente per alimentare una fiorente industria tessile?

Gli impianti mini e micro potrebbero essere utilizzati in tutte quelle situazioni in cui, accanto ad un fabbisogno energetico da soddisfare, esiste la disponibilità di una portata d'acqua, anche limitata, su di un salto anche di pochi metri. Si tratta, inoltre, di condizioni locali che nella maggioranza dei casi si concentrano in montagna, su aree difficili da raggiungere e non servite dalla rete di distribuzione. In molti casi, basterebbe mettere o rimettere in moto microcentrali per alimentare queste realtà isolate, dando operatività ad una pianificazione territoriale attenta alla tutela e alla conservazione del territorio.

È evidente come sia difficile quantificare analiticamente le potenzialità del mini e del micro idrico, rispetto al fabbisogno elettrico totale; altrettanto chiaro è il valore, in termini di sostenibilità, che può derivare da un'estesa applicazione della tecnologia alle realtà sparse e isolate sul territorio.

Alcune analisi tecniche compiute da liberi professionisti e consulenti energetici evidenziano che sarebbe tecnicamente possibile installare migliaia di "nanocentrali" da alcuni kW di potenza, ad opera di comunità montane e/o privati, nell'ordine di almeno 15.000 MW di potenza totale. ([www.energoclub.it](http://www.energoclub.it), 27/02/2012)

### ***Vantaggi (V.)***

Produrre energia dall'acqua presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

V. ambientali:

- L'idroelettrico contribuisce in modo significativo alla riduzione delle emissioni climalteranti. In particolare per ogni kWh di elettricità prodotta da idroelettrico avremo una riduzione nelle emissioni di 670 g di CO<sub>2</sub>, di 668 mg di diossido

di azoto e 282 mg di particolato vario, rispetto all'utilizzo di centrali termoelettriche a carbone.

- Nel caso delle centrali di piccola taglia, poi, si possono evidenziare ulteriori effetti positivi come, la regolazione e regimentazione delle piene sui corsi d'acqua a regime torrentizio, che contribuiscono in maniera efficace ad evitare fenomeni di dissesto idrogeologico e a salvaguardare il territorio.

#### V. economici e tecnici:

- Economicità: il costo di produzione dell'energia idroelettrica è competitivo rispetto alle fonti fossili, e non è soggetto alle fluttuazioni di mercato a cui sono soggetti i combustibili fossili.
- Tecnologia consolidata ed una gamma di taglie impiantistiche che va da 0,2 kW a decine di GW (come i 22.500 MW della centrale idroelettrica sulla Diga delle Tre Gole che sbarra il fiume Yangtze in Cina).
- Durabilità, alcuni grandi impianti hanno raggiunto i 100 anni di vita utile.
- Alto rendimento di conversione dell'energia, legato all'elevata energia specifica dell'acqua 800 volte più densa dell'aria.
- scarsa necessità di manutenzione degli impianti.

#### V. politici e sociali:

- la costruzione di centrali idroelettriche eco-compatibili, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l'economia dei siti in cui si opera.

#### ***Svantaggi (S.)***

La produzione di energia da fonte idroelettrica presenta anche una serie di svantaggi, soprattutto in relazione agli aspetti ambientali di cui la pianificazione territoriale deve tenere conto, e che sono direttamente proporzionali alla taglia degli impianti.

Infatti i bacini idrici artificiali (le dighe) di grandi dimensioni determinano sul territorio trasformazioni radicali, che possono alterare profondamente il paesaggio: la trasformazione delle acque correnti in stagnanti e una possibile scarsità idrica, ad esempio, con un impatto significativo sul microclima e sulla biodiversità del sistema, ma anche sui processi fisici e biologici del corpo idrico stesso, così come alterazioni su flora e fauna. Si possono determinare inoltre fenomeni di conflittualità tra gli utilizzatori delle acque, a causa della diminuzione della disponibilità idrica, inquinamento acustico, soprattutto in riferimento ai centri abitati (un problema che comunque oggi è facilmente risolvibile, con interventi specifici all'interno delle centrali).

Come anticipato, tuttavia, per quanto riguarda il territorio italiano, lo sfruttamento idrico a fini energetici operato dalle grandi centrali ha raggiunto oggi il potenziale massimo di espansione. Per salvaguardare gli effetti benefici e sfruttare i vantaggi di questa forma di energia, occorre oggi agire su due fronti paralleli:

- la mitigazione dell'impatto ambientale;
- la creazione e lo sfruttamento di mini e micro impianti, che comportano criticità proporzionalmente ridotte.

Soprattutto, occorre considerare e affrontare le resistenze culturali che ruotano attorno all'idroelettrico, veicolando un messaggio e un'informazione chiara e corretta delle potenzialità e dei vantaggi offerti da questa fonte alle scale più piccole.

### *Costi e incentivi*

Nella realizzazione di un impianto idroelettrico, i costi di **investimento** variano, in funzione della taglia, delle condizioni geomorfologiche e delle altre caratteristiche del luogo di installazione, tra **1500 e 7000 Euro/kW di potenza installata**, mentre i costi di **produzione** oscillano, in funzione della taglia dell'impianto, **tra 2 e 11 centesimi di Euro/kWh prodotto**, che fissano il tempo di ritorno dell'investimento in un range in 8-10 anni. La vita utile degli impianti è mediamente superiore ai 30 anni.

La normativa nazionale ha, negli ultimi anni, introdotto una serie di incentivi economici (Fig. 3.2.5.1) legati alla produzione di energia da fonte rinnovabile. La durata e l'entità degli incentivi è legata al range dimensionale dell'impianto e alla fonte rinnovabile utilizzata.

L' idroelettrica, come tutte le fonte rinnovabili, è soggetto ad una distinzione in base alla soglia di potenza dei 200 kW.

**Lo Scambio sul posto:** tutti gli impianti per la produzione di energia elettrica, alimentati da fonti rinnovabili e quindi anche il mini e micro idrico, con potenza **fino a 200 kW** possono accedere al meccanismo di **scambio sul posto** dell'energia elettrica prodotta, cioè la possibilità di cedere alla rete elettrica locale la produzione da fonte rinnovabile e di prelevare dalla stessa rete i quantitativi di elettricità nelle ore e nei giorni in cui gli impianti rinnovabili non sono in grado di produrre; tutto ciò pagando solo la differenza, su base annua, tra i consumi totali del cliente e la produzione del suo piccolo impianto.

**Tariffa fissa onnicomprensiva:** la produzione di energia elettrica mediante impianti mini idroelettrici e di potenza nominale **media annua non superiore a 1 MW**,

immessa nel sistema elettrico, ha diritto, in alternativa ai certificati verdi e su richiesta del produttore, a una tariffa fissa di **22 Eurocent/kWh**, per un periodo di **15 anni**.

**I Certificati Verdi (CV):** Per gli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007 di potenza nominale media annua superiore a 1 MW, il GSE rilascia i Certificati Verdi per 15 anni.

I CV costituiscono una forma di incentivazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, introdotta attraverso il cosiddetto Decreto Bersani (Legge n. 244 del 2007). I CV funzionano alla stregua dei titoli di stato: un gestore che ha impianti che producono energia da fonti rinnovabili può rivendere i **certificati verdi (1 certificato per GWh prodotto)** a qualsiasi industria o attività, che per legge ha una quota minima di energia che dovrebbe provenire da fonti rinnovabili, ma che per qualsiasi motivo non può o non vuole farlo autoproducendola. In questo caso l'industria compra un tot di **certificati verdi** dal produttore di energia rinnovabile.

Periodo di esercizio	A) Qualsiasi taglia di potenza		B) Solo per gli impianti più piccoli (in alternativa allo schema A)	
	Incentivo	Valorizzazione energia	Incentivo	Valorizzazione energia
Primi 15 anni	Vendita CV attribuiti all'energia prodotta (in misura distinta per le diverse fonti)	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato <sup>2</sup> oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>	Tariffe onnicomprensive di ritiro dell'energia immessa in rete (distinte per le diverse fonti)	
Dopo	-		-	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>

1. Di potenza non superiore a 1 MW (200 kW per gli impianti eolici on-shore).

2. Di potenza non superiore a 10 MVA o di potenza qualsiasi nel caso di fonti rinnovabili non programmabili.

3. Di potenza non superiore a 200 kW.

Fig. 3.2.5.1 Voci di ricavo per gli impianti a fonti rinnovabili, diverse dalla fonte solare, entrati in esercizio dopo il 31/12/2007, tab. tratta dal Guida agli incentivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, GSE, 2010.

## Tabella di sintesi

<b>FONTE</b>	<b>Acqua</b>
<b>TECNOLOGIA</b>	<b>Idroelettrica (“acqua fluente” o “salto geodetico”)</b>
<b>Vantaggi e Svantaggi</b> (variabili in funzione della taglia dell’impianto)	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• produzione di energia a costi molto bassi e competitivi rispetto alle fonti fossili.</li> <li>• gli impianti di piccola taglia consentono di utilizzare corsi d’acqua di modeste dimensioni e richiedono costruzioni di dimensioni marginali e di basso impatto sul territorio.</li> <li>• i costi di realizzazione e manutenzione degli impianti sono contenuti, anche se il costo dell’elettricità prodotta è, ovviamente, superiore rispetto a quello delle grandi centrali.</li> </ul> <p><b>S.:</b> forte impatto ambientale degli impianti di grande taglia.</p>
<b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b>	<p><b>Presenza di corsi d’acqua: Portata; Velocità; Altezza del “salto”.</b></p> <p>Per il dimensionamento di una centrale idroelettrica, è estremamente importante determinare <b>la curva di durata della portata (Flow Duration Curve, FDC)</b>. La curva mostra il periodo di tempo durante il quale la portata è uguale o superiore ad un certo valore nella sezione considerata.</p>
<b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b>	Elettrica
<b>Potenza (m<sup>2</sup>/kWp) – Producibilità (kWh/anno)</b>	<p>Da 0,2 kW a decine di GW</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• micro impianti (P inferiore a 100 kW);</li> <li>• mini impianti (P tra 100 kW e 1 MW);</li> <li>• piccoli impianti (P tra 1 e 10 MW);</li> <li>• grandi impianti (P superiore a 10 MW).</li> </ul> <p>La Producibilità teorica in Italia sarebbe di circa 200 TWh/anno (Fonte ERSE). La quota realmente sfruttabile è stimata intorno al 25% di questo valore, ovvero 50 TWh/anno pari al 15% del consumo nazionale di energia elettrica (Fonte GSE).</p>

<p><b>Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell'ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.</b></p>	<p>I notevoli sviluppi della tecnologia idroelettrica consentono oggi la minimizzazione di tutte le problematiche storicamente attribuite alla produzione di energia da fonte idrica: dall'impatto acustico alle gestione completamente automatizzata degli impianti.</p> <p>È possibile ottenere una perfetta mimetizzazione/integrazione degli impianti. Un esempio su tutti, la centrale del Cavaticcio a Bologna. Si tratta di un simbolo emblematico di come potrebbe essere riattivata tutta la rete di canali che ha dato lustro e ricchezza all'antica industria tessile bolognese.</p>
<p><b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b></p>	<p>Il costo di un impianto può variare moltissimo a seconda delle condizioni geomorfologiche e delle altre caratteristiche del luogo di installazione.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Costo unitario di investimento: da 1.500 a 7.000 €/kW</b></li> <li>• <b>Costi operativi: 2-3% del costo di investimento</b></li> <li>• <b>Costi di produzione: 4-11c€/kW per impianti micro, mini e piccoli; 2-4 c€/kW per impianti grandi.</b></li> </ul>
<p><b>Incentivi e Tempi di ritorno dell'investimento</b></p>	<p><b><u>Incentivi:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>&lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. Dopo Autoconsumo + Libero Mercato o Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</b></li> <li>• <b>200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. Dopo solo scambio sul posto.</b></li> <li>• <b>1 MW – Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1 (1,8 moto ondoso e maremotrice).</b></li> </ul> <p><b>Il tempo di ritorno dell'investimento varia tra 10 e 20 anni.</b></p>

### 3.2.6 Eolica

#### Definizione

La parola “eolica” deriva da eolo, Dio greco del vento. Il vento è generato dall’azione della radiazione solare che, riscaldando l’atmosfera in modo non uniforme, determina differenti gradienti termici e, quindi, differenze di pressione tra punti diversi dell’atmosfera, provocando lo spostamento di grosse masse d’aria dalla bassa all’alta pressione. L’energia cinetica posseduta dall’aria in movimento è l’energia eolica.

La diversa distribuzione del gradiente termico nella stratigrafia atmosferica combinata alla Forza di Coriolis (legata alla rotazione terrestre) determinano una forte eterogeneità nella distribuzione dell’energia cinetica del vento che si concentra soprattutto negli strati superiori a circa 10.000 metri di altitudine della troposfera alle latitudini centrali dei due emisferi.

La Tab. 3.2.6.1 (tratta da Dati sul vento, <http://kitegen.com>, 10/12/2012) mostra i valori medi della velocità del vento in funzione della quota atmosferica

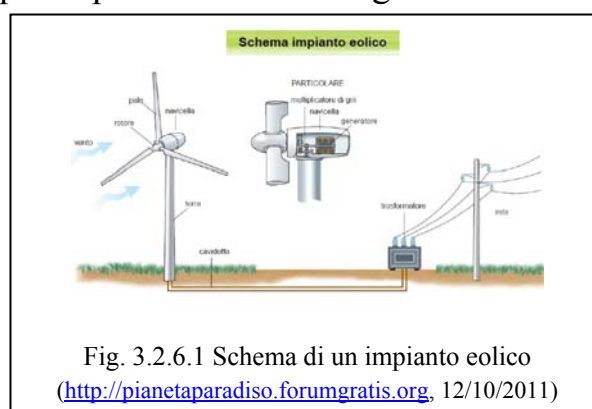
Altezza dal suolo [m]	Velocità del vento [m/s]	Potenza specifica [W/m <sup>2</sup> ]
800	7,2	205
80	4,6	58
10	3,3	22

#### Tecnologia

L’energia del vento viene captata mediante l’impiego di macchine, dette aerogeneratori, in grado di trasformare l’energia cinetica in energia meccanica di rotazione la quale a sua volta viene utilizzata per la produzione di energia elettrica.

Un aerogeneratore (turbina eolica) è costituito essenzialmente da un sostegno che ospita alla sua sommità la gondola o navicella, costituita da un basamento o da un involucro esterno; al suo interno si trovano l’albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l’albero veloce, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

All’estremità dell’albero lento e all’esterno della gondola è fissato il rotore, costituito da un mozzo, sul quale sono montate le pale, che hanno il compito di raccogliere l’energia cinetica del vento. ([www.energiab.it](http://www.energiab.it), 23/01/2012)





Esistono molti tipi di turbine eoliche che si distinguono essenzialmente in base alla taglia di potenza e alla posizione del rotore. Le due tipologie principali in cui le turbine vengono distinte sono: ad asse *orizzontale* e ad asse *verticale*, con riferimento all'asse di rotazione delle pale, che può essere parallelo o perpendicolare al suolo. Attualmente, le sole turbine per il medio e grande eolico (diciamo, quindi, da circa 200 kW in su) disponibili commercialmente sono quelle ad asse orizzontale, mentre nel minieolico (20 kW-200 kW) e nel microeolico (0-20 kW) troviamo anche una varietà di turbine ad asse verticale. L'ulteriore classificazione delle turbine è basata, per l'eolico orizzontale, su vari elementi (taglia, numero di pale, design, etc.), mentre per l'eolico verticale è basata soprattutto sul design. ([www.consulente-energia.com](http://www.consulente-energia.com), 10/09/2011)

Gli impianti eolici si distinguono anche in base alla loro localizzazione sul territorio, esistono quindi:

- impianti on-shore (sulla terraferma),
- impianti off-shore (in mare).

Gli impianti off-shore offrono numerosi vantaggi rispetto alla produzione di energia eolica terrestre:

- gli impianti di produzione in mare sono più grandi rispetto a quelli sulla terraferma;
- i venti sono più forti e stabili in mare rispetto alla terraferma;
- le turbine eoliche in mare generano un impatto paesaggistico molto ridotto, e per questo non destano la preoccupazione dei “vicini”.

Per decidere dove installare un impianto eolico sulla terraferma, bisogna effettuare un'analisi approfondita del sito, individuando la aree più ventose e, all'interno di esse, le zone più adatte a ospitare aerogeneratori; è necessario, quindi, un approfondito studio anemologico.

### ***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito***

I parametri più importanti per valutare le potenzialità di un sito di produrre energia dal vento sono:

- **la risorsa eolica**: caratteristiche del vento, sul sito oggetto dell'analisi, riguardanti la **velocità** (m/s) mediamente presente, la **direzione dominante** (gradi) e la **durata annua (ore/anno)** in cui si ha mediamente un vento “utile”, gli eventuali fenomeni “di picco” (vento con velocità superiore ai 50-65 m/s) che portano allo spegnimento del generatore;
- le caratteristiche orografiche e geo-morfologiche: la conformazione del sito è molto importante per una corretta sistemazione paesaggistica delle pale eoliche;
- Disponibilità del terreno;

- Posizione di strade e costruzioni esistenti;
- Copertura del suolo;
- Confini politici;
- Vicinanza alle linee di trasmissione.

### ***Vantaggi (V.)***

Produrre energia dal vento presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

#### V. ambientali:

- L'eolico contribuisce in modo significativo alla riduzione delle emissioni climalteranti. In particolare per ogni kWh di elettricità prodotta da idroelettrico avremo una riduzione nelle emissioni di 860g di CO<sub>2</sub>, di 10 g di anidride solforosa e di 3 g di ossidi di azoto, rispetto all'utilizzo di centrali termoelettriche a carbone.

#### V. economici e tecnici:

- Economicità: il costo di produzione dell'energia eolica è competitivo rispetto alle fonti fossili, e non è soggetto alle fluttuazioni di mercato a cui sono soggetti i combustibili fossili. Se correttamente localizzata una *wind-farm* può produrre energia a bassissimo costo (fino a 2 cent. di Euro per kWh). Infatti, è importante evidenziare che l'energia prodotta da un impianto eolico varia con il cubo della velocità del vento, il costo del kWh prodotto dipende fortemente dalla ventosità del sito e quindi la scelta del luogo di installazione è fondamentale e deve basarsi su rilievi fatti con molta precisione.
- Tecnologia consolidata ed una gamma di taglie impiantistiche che va da qualche kW a qualche centinaia di MW (come i 367 MW della fattoria eolica off-shore di Walney in Gran Bretagna).
- Uso plurimo del terreno: l'utilizzo dei terreni su cui vengono installati gli impianti eolici non è esclusivo, quindi è tranquillamente consentito lo sfruttamento del terreno per la coltivazione e l'allevamento.

#### V. politici e sociali:

- la costruzione di impianti eolici, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l'economia dei siti in cui si opera.

### ***Svantaggi (S.)***

La produzione di energia dal vento presenta anche degli svantaggi, soprattutto in relazione agli impatti ambientali e alle deturpazioni sul paesaggio di cui la

pianificazione territoriale deve tenere conto, e che sono direttamente proporzionali alla taglia degli impianti.

Per quanto riguarda l'Italia, le mappe locali del vento e le attuali tecnologie mostrano che non è ancora pensabile poter sostituire le fonti fossili con quella eolica, poiché la quantità di energia producibile mediante l'eolico è, al momento, troppo esigua.

Diversi sono i limiti tecnici: innanzitutto bisogna considerare che una turbina eolica per produrre energia ha bisogno di una velocità del vento di almeno 3-5 m/s; inoltre si tratta di una fonte intermittente perché il vento non è sempre disponibile.

L'installazione di una fattoria eolica (più pale eoliche collegate) comporta potenzialmente una notevole occupazione del suolo, legata alla necessità di garantire una certa distanza tra le pale, in mancanza della quale potrebbero produrre interferenze reciproche e causare cadute di produzione. Per questo è importante che gli aerogeneratori vengano sistemati a una distanza reciproca di almeno cinque - dieci volte il diametro delle pale (che può arrivare fino a 100 metri). Si tratta comunque di una occupazione potenziale perché in realtà gli aerogeneratori e le opere di supporto - cabine elettriche e strade - occupano solamente il 2-3% del territorio necessario per la costruzione di un impianto, e perché la parte restante del territorio può essere impiegata per l'agricoltura e la pastorizia.

L'energia del vento presenta una bassa densità energetica per unità di superficie di territorio occupato. Le potenze installabili si aggirano sui 5 - 8 MW/km<sup>2</sup>.

I veri problemi dell'eolico riguardano gli impatti ambientale e paesaggistico:

- **impatto sulla flora:** in termini di occupazione del suolo l'aerogeneratore e le altre opere di supporto hanno un impatto trascurabile e, dunque, l'impatto sulla vegetazione e sugli ecosistemi esistenti è temporalmente limitato alla sola fase di realizzazione dell'impianto.

Durante questa fase è necessario minimizzare il disturbo agli habitat e alla vegetazione; evitare/minimizzare i rischi di erosione causati dalla costruzione delle strade di servizio, delle fondamenta degli aerogeneratori, ecc.; ripristinare la vegetazione dopo l'installazione dell'impianto; compensare il danno migliorando le aree vicine.

- **impatto sulla fauna,** che riguardano:
  - Modificazione dell'habitat e disturbo di natura antropica
  - Decessi per collisione

- variazione della densità di popolazione
- variazione dell'altezza di volo e della direzione di volo
- **impatto visivo:** l'impatto visivo di una torre eolica è innegabile viste le sue dimensioni, ma riteniamo sia non deturpante per l'ambiente come si vuol far credere
- **impatto acustico:** il rumore prodotto da un aerogeneratore è da imputare ai macchinari alloggiati nella navicella (moltiplicatore, generatore, macchine ausiliarie) e al movimento delle pale nell'aria. Il rumore dei macchinari è particolarmente contenuto negli ultimi modelli di generatori e perciò trascurabile rispetto al rumore aerodinamico. Quest'ultimo, del tipo banda larga, è provocato principalmente dallo strato limite del flusso attorno al profilo alare della pala. Studi della BWEA (*British Wind Energy Association*) hanno mostrato che a distanza di poche centinaia di metri (che sono le distanze tipiche di confine per limitare eventuali rischi per gli abitanti delle aree circostanti), questo è sostanzialmente poco distinguibile dal rumore di fondo.
- **interferenze elettromagnetiche.**

### ***Costi e Incentivi***

Considerata la numerosità delle variabili (regime del vento, caratteristiche tecniche delle centrali eoliche, infrastrutturizzazione del sito), è molto difficile fissare analiticamente il costo dell'energia elettrica prodotta mediante fonte eolica. Tuttavia, applicando opportune generalizzazioni è possibile stabilire di costo al kilowattora dell'energia elettrica prodotta dal vento.

Negli ultimi anni i costi di investimento e di esercizio degli impianti sono notevolmente diminuiti grazie all'avanzamento tecnologico e alle economie di scala raggiunte dall'industria del settore eolico.

In Italia i costi di un impianto eolico possono essere così suddivisi: il 10%-20% per lo sviluppo progettuale (analisi del regime eolico, progetto dell'impianto, procedure autorizzative con valutazione di impatto ambientale etc.); 60%-70% per gli aerogeneratori, compreso il trasporto, installazione, ed avvio operativo; 20%-25% per le opere civili ed elettriche, linee di connessione alla rete elettrica, ed altre infrastrutture.

In linea con le stime del GSE, il costo medio per una configurazione tipica di impianto eolico installato a terra con una potenza complessiva media di 20 MW in un sito di media complessità in Italia può essere valutato 1.740 Euro/kW, con un intervallo che va da 1.550 Euro/kW per grandi impianti installati in aree a bassa

complessità ad un massimo di 2.000 Euro/kW per piccoli impianti installati in siti ad orografia complessa. Sempre secondo le stime GSE, nell'ipotesi di un andamento dei costi di manutenzione crescente in funzione della vita dell'impianto (20 anni) dall'1 al 4 % del costo capitale, e con 1.800 ore equivalenti annue di funzionamento delle macchine, il costo del kWh prodotto è di 127.5 e 138.5 Euro/kWh per tassi di attualizzazione rispettivamente del 5 e 7%. (Arsuffi G., Arena A., (a cura di), *Quaderno Energia Eolica*, Frascati (Roma), Laboratorio Tecnografico ENEA, 2011)

Anche per l'energia eolica la normativa nazionale prevede gli stessi incentivi (Fig. 3.2.6.1) della fonte idroelettrica, ovvero:

- Per gli impianti fino a 200 kWh di potenza: Tariffa Onnicomprensiva di 30 cent. di Euro/kWh per 15 anni, trascorsi i quali si può optare per Autoconsumo + vendita energia sul libero mercato o Ritiro dedicato o Scambio sul posto.
- Per gli impianti superiori a 200 kWh di potenza: Certificati Verdi oppure optare per Autoconsumo + vendita energia sul libero mercato o Ritiro dedicato o Scambio sul posto.

	A) Qualsiasi taglia di potenza		B) Solo per gli impianti più piccoli (in alternativa allo schema A)	
Periodo di esercizio	Incentivo	Valorizzazione energia	Incentivo	Valorizzazione energia
Primi 15 anni	Vendita CV attribuiti all'energia prodotta (in misura distinta per le diverse fonti)	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato <sup>2</sup> oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>	Tariffe onnicomprensive di ritiro dell'energia immessa in rete (distinte per le diverse fonti)	
Dopo	-		-	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>

1. Di potenza non superiore a 1 MW (200 kW per gli impianti eolici on-shore).

2. Di potenza non superiore a 10 MVA o di potenza qualsiasi nel caso di fonti rinnovabili non programmabili.

3. Di potenza non superiore a 200 kW.

Fig. 3.2.6.1 Voci di ricavo per gli impianti a fonti rinnovabili, diverse dalla fonte solare, entrati in esercizio dopo il 31/12/2007, tab. tratta dal Guida agli incentivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, GSE, 2010.

## Tabella di sintesi

<b>FONTE</b>	<b>Vento</b>
<b>TECNOLOGIA</b>	<b>Eolico</b>
<b>Vantaggi e Svantaggi</b>	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• disponibile anche di notte, nelle giornate nuvolose e non risente della latitudine;</li> <li>• emissioni inquinanti nulle nella fase di produzione di energia, minime nelle fasi di realizzazione e assemblaggio dell'impianto, di trasporto e attrezzatura dell'area;</li> <li>• economicamente competitiva con le fonti convenzionali, rispetto al costo del kw/h;</li> </ul> <p><b>S.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• impatto su flora e fauna;</li> <li>• impatto acustico (disturbo generato dalla rotazione delle pale);</li> <li>• impatto visivo e sulla modifica del paesaggio (fortemente discrezionale e discutibile, se paragonato alle alternative) e sull'avifauna (anch'esso discutibile, se paragonato ad altri impatti legati ad esempio ai tralicci);</li> <li>• impatto sulle telecomunicazioni (interferenze radio-televisive) e disturbi elettromagnetici.</li> </ul>
<b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b>	<p>La potenza estraibile dal vento cresce all'aumentare della velocità del vento e dell'area spazzata dalle pale dell'aereogeneratore; dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del luogo. Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto, è indispensabile conoscere le <i>ore equivalenti</i> annue di funzionamento alla potenza nominale. Tale parametro è determinato da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> <li>• Curva di durata della velocità del vento.</li> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> </ul>
<b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b>	Elettrica
<b>Potenza (m<sup>2</sup>/kWp) – Producibilità (kWh/anno)</b>	Da qualche kW del microeolico a molti GW delle “fattorie” eolico “offshore”.

**Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell'ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.**

Tra le tecnologie rinnovabili, è certamente quella che trova i maggiori ostacoli, a volte puramente ideologici, nell'utilizzo a scala territoriale. Da alcuni anni le ricerche sull'eolico stanno cercando di dare una risposta ai limiti applicativi delle turbine eoliche. Si possono individuare due tendenze in atto, appartenenti a due filoni di applicazione molto diversi tra loro:

- lo sviluppo di turbine eoliche *offshore*, al largo della costa;
- l'integrazione dell'eolico nell'ambiente costruito.

In entrambi i casi, la convinzione alla base dell'idea è quella della necessità di sfruttare al meglio lo spazio naturale e artificiale esistente, cercando di mantenere l'impatto ambientale il più basso possibile.

L'impatto ambientale è, infatti, il punto più critico: il rumore delle pale, l'estetica delle turbine e l'impatto con la fauna sono gli ostacoli principali da superare per rendere accettabili le turbine eoliche.

La ricerca di una integrazione accettabile è stimolata dall'interesse per i nuovi dispositivi, più integrabili nel paesaggio urbano e negli edifici: si stanno studiando, infatti, nuovi metodi di inserimento di piccoli dispositivi nell'architettura. Il principio di funzionamento delle turbine eoliche è basato sul fatto che l'energia cinetica del vento provoca la rotazione delle pale di un rotore attorno ad un asse e tale movimento meccanico, trasmesso ad un generatore, viene trasformato in energia elettrica. A seconda del tipo di asse abbiamo i due modelli principali:

- turbine ad asse orizzontale;
- turbine ad asse verticale.

La potenza di entrambi i modelli dipende dall'altezza a cui si trova il rotore, dalla dimensione delle pale e dalla forza del vento. Le turbine ad asse orizzontale sono le più comuni nelle fattorie del vento e nei campi *offshore* ed hanno una potenza variabile da poche decine di watt fino a 5 megawatt e una efficienza del 40% , ma per funzionare regolarmente devono essere direzionate verso il vento.

**Il tipo orizzontale** non è quindi facilmente integrabile in ambiente urbano a causa della turbolenza del vento, caratteristica tipica di una zona disomogenea come una città. Esistono comunque modelli ad asse orizzontale, studiati per l'ambiente urbano, le cui pale sono inserite all'interno di un anello, cosa che attenua i problemi della turbolenza, ma rimane comunque il problema della dipendenza dalla direzione del vento.

**Il tipo ad asse verticale** ha una efficienza minore (30%) ma ha opportunità maggiori di applicazione in ambiente urbano, in quanto funziona indipendentemente dalla direzione e dalla turbolenza del vento.

<b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b>	Costo impianto mini eolico per taglie di potenza comprese tra 5 e 20 kWp varia tra 3.000,00€ e 5.000,00€. I costi di manutenzione ammontano a circa 200,00 €/anno, e quelli di esercizio a circa 50.00 €/anno. Costo di produzione per le grandi “fattorie” off-shore: 2-7 €/kWh ( <a href="#">EWEA - Wind Energy the facts</a> 2009).
<b>Incentivi e Tempi di ritorno dell’investimento</b>	<p><b><u>Incentivi:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>&lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 30 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo Autoconsumo + Libero Mercato o Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</b></li> <li>• <b>200 kW MW Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1. (1,5 per impianti “off-shore”) * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</b></li> </ul> <p><b>Il tempo di ritorno dell’investimento varia tra i 3 e i 5 anni.</b></p>

### 3.2.7 Geotermico

#### *Definizione*

Il termine geotermico deriva dal greco “gê” e “thermòs”, letteralmente “calore della Terra”. Dunque per energia geotermica si intende quella contenuta, sotto forma di calore, all’interno della Terra nelle sue componenti solide, liquide e gassose.

L'origine di questo calore deriva dai processi di decadimento nucleare naturale di elementi radioattivi quali l'uranio, il torio e il potassio, contenuti naturalmente all'interno della terra (nucleo, mantello e crosta terrestre). Tale calore, anche se in quantità enorme e praticamente inesauribile, risulta assai disperso e solo raramente concentrato, infatti l'energia geotermica costituisce oggi meno dell'1% della produzione mondiale di energia. Tuttavia, uno studio (*The Future of Geothermal Energy*, 2006) del MIT (Massachusetts Institute of Technology) afferma che, grazie alle attuali tecnologie, è possibile utilizzare una “piccola” parte (2000 ZJ) dell’enorme potenziale termico terrestre che è, comunque, sufficiente a soddisfare il fabbisogno energetico planetario per i prossimi 4000 anni rendendo quindi inutile qualsiasi altra fonte non rinnovabile attualmente utilizzata.

#### *Tecnologia*

Le risorse geotermiche sono ben distribuite in ogni parte della superficie del Pianeta, in situazioni geologicamente molto diverse, regioni sia a gradiente geotermico normale (dove la temperatura aumenta di circa 3°C ogni 100 metri di profondità) che



caratterizzate dalle cosiddette anomalie geotermiche (dove la variazione del gradiente termico sale a circa 9-12 °C ogni 100 metri di profondità). L'energia termica accumulata nel sottosuolo è resa disponibile tramite vettori fluidi (acqua o vapore), naturali o iniettati, che fluiscono dal serbatoio geotermico alla superficie spontaneamente (geyser, soffioni, sorgenti termali) o erogati artificialmente tramite perforazione meccanica (pozzo geotermico).

Con riferimento ai fluidi erogati i sistemi geotermici sono classificati in:

**SISTEMI A VAPORE DOMINANTE:** costituiti da vapore secco presente a pressione e temperatura anche elevate, in cui sono presenti altri gas o sostanze solide. I sistemi geotermici di questo tipo sono piuttosto rari; i più conosciuti sono Larderello in Italia e The Geysers in California.

**SISTEMI AD ACQUA DOMINANTE:** costituiti da acqua a pressione e temperatura anche elevate, erogata in superficie in forma di miscela bifasica acqua/vapore tramite depressurizzazione oppure per sollevamento meccanico tramite pompe sommerse. La temperatura dell'acqua può andare da 125 a 225°C Tali sistemi sono i più diffusi nel mondo e possono produrre acqua calda, una miscela di acqua e vapore, vapore umido o, in alcuni casi, vapore secco.

**SISTEMI AD ACQUA CALDA:** con acqua a temperatura tra i 30°C e gli 85°C;

**SISTEMI ARTIFICIALI:** sfruttano il calore diretto di un magma o di rocce calde secche per scaldare un fluido di lavoro, iniettato tramite un pozzo e recuperato in superficie per la sua utilizzazione (Deep Heat Mining).

**SISTEMI GEOPRESSURIZZATI:** La pressione dell'acqua calda (200°C), imprigionata all'interno di un serbatoio geotermico (formato da rocce sedimentarie) è notevolmente maggiore della pressione idrostatica, approssimandosi a quella litostatica. Possono produrre energia termica, meccanica e chimica, ma non sono ancora stati sfruttati.

Con riferimento all'utilizzo dei fluidi le risorse geotermiche sono classificate in:

- Usi a bassa entalpia, i fluidi geotermici hanno temperature inferiori ai 125°C e sono adatte soprattutto ad usi diretti;
- Usi a media entalpia, i fluidi geotermici si presentano a temperature comprese tra i 125°C e i 225°C, esse sono destinate sia a impieghi diretti che alla generazione di elettricità;
- Usi ad alta entalpia, le temperature dei fluidi geotermici superano i 225°C, esse sono adatte alla produzione di energia elettrica.

Gli usi ad alta entalpia riguardano la produzione di energia elettrica ed alcuni usi industriali.

Esistono 3 tipologie di impianto che permettono di sfruttare il calore proveniente dal sottosuolo per la produzione di energia elettrica:

- Flash Steam Plant: sono gli impianti più diffusi, generalmente di piccole dimensioni (2,5-5 MW). Tramite un pozzo di estrazione viene prelevato il fluido geotermico costituito da un mix di acqua e vapore. Il vapore viene quindi separato dall'acqua e successivamente inviato alla turbina che produce energia meccanica, trasformata in energia elettrica tramite un alternatore. Mentre l'acqua proveniente dal processo di separazione viene re-immessa in profondità, attraverso un pozzo secondario, insieme all'acqua di condensazione derivante dal raffreddamento del vapore.
- Dry Steam Plant: questi impianti sono più complessi, sfruttano vapore a temperature e pressioni elevate e rispetto agli impianti Flash forniscono produzioni sensibilmente maggiori (fino a 100 MW). Il vapore viene inviato direttamente alla turbina che produce energia meccanica, trasformata in energia elettrica tramite un alternatore. Il vapore eccedente viene prima fatto condensare e raffreddare poi re-immesso, in parte, nel sottosuolo ed, in parte, in atmosfera.
- Hot Dry Rocks (HDR) o Enhanced Geothermal Systems (EGS) : si tratta di un nuovo sistema che non utilizza risorse idrotermali convettive naturali, ma acqua iniettata tramite pozzi di adduzione che viene riscaldata dal contatto con la roccia e che ritorna in superficie attraverso pozzi di produzione sotto forma gassosa ad alta pressione, grazie al passaggio attraverso le fratture nella roccia calda e secca.

Gli usi a media entalpia riguardano sia gli usi diretti per teleriscaldamento di ambienti civili e industriali, essiccazione di frutta e verdura, produzione della carta, ma anche e soprattutto la produzione di energia elettrica mediante impianti binari. Tali impianti utilizzano un fluido secondario di lavoro, solitamente organico, caratterizzato da un basso punto di ebollizione ed una maggiore pressione del vapore a temperature inferiori rispetto al vapore acqueo. Il fluido geotermico cede calore al fluido secondario attraverso uno scambiatore di calore, nel quale questo fluido si riscalda e vaporizza. Il vapore prodotto aziona la turbina a flusso assiale collegata ad un generatore, quindi raffreddato passa allo stato liquido, ed il ciclo comincia di nuovo. Scegliendo opportunamente il fluido secondario, è possibile costruire impianti binari, che sfruttano fluidi geotermici con temperature comprese tra 85° e 170°C.

La produzione elettrica di questi impianti pur non essendo paragonabile a quella degli impianti ad alta entalpia, consente di sfruttare numerosi sistemi geotermici, per dare

energia elettrica a tante piccole realtà territoriali. La geotermia a media entalpia presenta quindi interessanti prospettive di sviluppo più interessanti sia dal punto di vista energetico che economico ed ambientale.

Gli usi a bassa entalpia riguardano essenzialmente lo sfruttamento del calore del sottosuolo a fini di riscaldamento/raffrescamento di ambienti.

Al di sotto dei primi 4-5 metri dalla superficie, la temperatura del suolo rimane costante attorno ai 12°-15°C. Gli impianti a bassa entalpia sfruttano il calore del sottosuolo a profondità ridotte (200 m al massimo) attraverso l'installazione, in appositi pozzi, di sonde geotermiche accoppiate a pompe di calore geotermiche. Tali impianti si distinguono in due principali categorie, *quelli a circuito chiuso* (sonde geotermiche verticali o orizzontali) che “catturano” il calore terrestre attraverso un liquido termovettore di circolazione e quelli a *circuito aperto* che si basano sul prelievo e restituzione dell'acqua che può essere di falda, di fiume o di lago.

### ***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito***

Le caratteristiche geotermiche del territorio sono abbastanza uniformi. Per questo è possibile sfruttare il calore terrestre per gli usi a bassa entalpia.

Invece, per gli usi a media e alta entalpia è necessario indagare l'esistenza di sistemi caratterizzati dalle cosiddette anomalie geotermiche. A tale scopo sono disponibili per molte Regioni italiane mappe geotermiche.

### ***Vantaggi (V.)***

Produrre energia (termica ed elettrica) dal calore presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

V. ambientali:

- La geotermia contribuisce in modo significativo alla riduzione delle emissioni climalteranti.

V. economici e tecnici:

- In molti casi è possibile produrre contemporaneamente sia calore che elettricità.
- Fonte inesauribile e continua, si può produrre calore ed elettricità costantemente 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno. La fonte geotermica è quindi molto più affidabile ed efficiente rispetto ad altre rinnovabili quali l'eolico o il solare sia termico che fotovoltaico.
- Ingombro modesto. A parità di potenza installata la superficie occupata da un impianto geotermico varia dal 2 al 5% di quella necessaria per produrre la

stessa quantità di energia da solare termico, fotovoltaico, centrale a carbone o nucleare.

- Per gli impianti a bassa entalpia, bassi costi di manutenzione e duplicità d'uso (riscaldamento e raffrescamento/condizionamento).
- Per gli impianti a bassa entalpia, ingombri esterni limitati, lo spazio occupato da una pompa di calore è come quello di un caldaia.
- Versatilità, la facilità di installazione è adattabile a qualsiasi tipo di edificio.

V. politici e sociali:

- la costruzione di impianti geotermici, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l'economia dei siti in cui si opera.

### ***Svantaggi (S.)***

La produzione di energia dal calore della Terra presenta anche degli svantaggi, soprattutto in relazione agli impatti ambientali e alle perturbazioni sul Paesaggio di cui la pianificazione territoriale deve tenere conto, e che sono direttamente proporzionali alla taglia degli impianti. È importante sottolineare che quasi tutti gli effetti negativi conseguenti all'uso delle tecnologie geotermiche possono essere risolti o, comunque, drasticamente ridotti mediante opportuni accorgimenti progettuali, tecnici e tecnologici. (impianti di depurazione e filtraggio, ecc.)

I fluidi geotermici estratti, se rilasciati direttamente nell'ambiente, possono essere, talvolta, tossici e danneggiare in maniera significativa gli ecosistemi circostanti.

Essi infatti possono contenere sostanze quali l'arsenico, il boro, l'idrogeno solforato, il manganese, il mercurio, il piombo, il radon, lo zolfo, ma anche CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (Metano), gas climalteranti tra i principali responsabili del *Global warming*.

Per evitare l'immissione di queste sostanze dannose nell'ambiente, i fluidi geotermici vengono prima opportunamente depurati e filtrati in appositi impianti di trattamento e depurazione re-immessi in profondità. Tale re-immissione permette di ovviare a un altro inconveniente derivante dallo sfruttamento dell'energia geotermica, la subsidenza. La subsidenza è il lento e progressivo abbassamento del suolo, che può avvenire naturalmente o essere indotto antropogenicamente attraverso l'estrazione di liquidi dal sottosuolo. Inoltre lo sfruttamento dei campi geotermici, attraverso il prelievo e la re-immissione dei fluidi, possono produrre micro-terremoti, normalmente di lieve entità, quindi non dannosi e non percepibili dall'uomo.

Non ultimo l'impatto paesaggistico legato alla realizzazione e alla presenza di grandi centrali geotermiche che, soprattutto quelle di vecchia concezione, sono contraddistinte dalla concentrazione, su aree ristrette, di torri refrigeranti, pozzi di trivellazione, condutture per il trasporto dei fluidi. Tuttavia questo sgradevole impatto

può essere notevolmente ridotto mediante un'accurata progettazione urbanistica, architettonica e impiantistica.

### ***Costi e incentivi***

Il calore terrestre è una fonte energetica molto competitiva, infatti, ha capacità produttive molto più elevate delle fonti eolica e solare, tuttavia i costi legati all'uso del geotermico sono piuttosto elevati e sono in gran parte ascrivibili alla preliminare fase d'indagine (per individuare e caratterizzare i sistemi geotermici, in primis la profondità dei serbatoi e la temperatura dei fluidi geotermici), alla progettazione e alla realizzazione degli impianti, degli edifici e delle infrastrutture a corredo degli stessi impianti.

I fattori che principalmente influiscono sui costi dell'energia elettrica di origine geotermica sono: la profondità e la temperatura della risorsa geotermica, la produttività del pozzo, la realizzazione delle infrastrutture e le modalità di finanziamento del progetto. I costi per la realizzazione di un impianto geotermico oscillano tra 1.500 3.000 per ogni kWh installato. La vita di un impianto oscilla tra i 30 - 40 anni. Conseguentemente, i costi di produzione dell'elettricità sono compresi tra i 0.07 e 0.09€/kWh, e fanno del geotermico una fonte competitiva.

Per quanto riguarda gli impianti geotermici a bassa entalpia hanno un costo che dipende fortemente dalle esigenze termiche dell'edificio che deve essere riscaldato/raffreddato e dalla conformazione geologica del sito in cui deve essere effettuato lo scambio di calore. Per una casa di medie dimensioni (80-100 mq) considerando di dover soddisfare le esigenze di 4 persone i costi di installazione (pompa di calore, elementi radianti) si aggirano sui 20.000 euro. Con questa tipologia impiantistica il tempo di ammortamento o di ritorno dell'extracosto rispetto ad un impianto tradizionale (caldaia radiatori) va dai 4 ai 6 anni.

A questo va aggiunto il fatto che:

1. le manutenzioni sono praticamente inesistenti;
2. la vita media di una pompa di calore geotermica si stima essere pari ad almeno il doppio della vita media di una caldaia.

Inoltre, la Legge Finanziaria 2008 prevede che i costi sostenuti per la realizzazione di impianti geotermici relativi a fabbricati esistenti sono detraibili fiscalmente al 55%<sup>[16]</sup>, in un intervallo di tempo compreso tra 3 e 10 anni.

Per quanto riguarda invece la produzione di energia elettrica, gli **incentivi** statali per il geotermico prevedono il meccanismo incentivante della Tariffa onnicomprensiva o in alternativa il sistema dei Certificati Verdi. La Tariffa onnicomprensiva per gli impianti geotermici consiste in 0,20 € per ogni kWh di elettricità immesso nella rete elettrica per un periodo di 15 anni. Gli impianti geotermici di potenza fino a 200 kW

possono usufruire del servizio di scambio sul posto. ([www.geotermica.co](http://www.geotermica.co), 15/12/2001)

## Tabella di sintesi

FONTE	Gradiente geotermico
TECNOLOGIA	<p>Con riferimento ai fluidi erogati in superficie, i sistemi geotermici si dividono in diverse classi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Sistemi a vapore secco o dominante, a vapore umido o ad acqua dominante</u>, utilizzati per la produzione di energia elettrica.</li> <li>• <u>Sistemi ad acqua calda</u>: contengono acqua a temperatura inferiore ai 100 gradi centigradi, utilizzabile soprattutto per usi diretti (riscaldamento abitazioni, serre, impianti industriali).</li> <li>• <u>Sistemi in rocce calde secche</u>, formati con la creazione artificiale di un serbatoio geotermico; nel serbatoio viene iniettata, tramite un pozzo, dell'acqua fredda che, una volta scaldatasi grazie all'elevato calore delle rocce, è fatta risalire in superficie per la sua utilizzazione. Tali sistemi ("dry rock stimulation") sono allo studio da molti anni, ma ad oggi non esistono realizzazioni di successo, causa gli elevati costi ed il rischio di sollecitazioni sismiche, indotte dal sistema di iniezione dell'acqua sotterranea.</li> <li>• <u>Sistemi magmatici</u>: sistemi artificiali che mirano a sfruttare il calore diretto di un magma per riscaldare un fluido di lavoro.</li> <li>• <u>Sistemi geopressurizzati</u>: l'acqua a temperatura elevata (200 gradi centigradi) si trova imprigionata in serbatoi sottoposti ad una pressione superiore a quella idrostatica. Tali sistemi possono produrre energia geotermica, meccanica e chimica.</li> <li>• <u>Sistemi a bassa entalpia</u> per applicazioni a pompa di calore geotermica: sono i sistemi termici che negli ultimi 10 anni hanno conosciuto il più grande sviluppo. In questo caso la favorevole temperatura del sottosuolo (circa 15-16°C già a profondità superiori a 10-20 m) oppure della falda acquifera consentono l'accoppiamento di uno scambiatore interrato (sistema di tubazioni verticali o orizzontali) con una pompa di calore per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, con un COefficiente di Prestazione (COP) superiore a 3 (un COP pari a 3 indica che per ogni kWh elettrico utilizzato si ottengono 3 kWh di calore).</li> </ul> <p>Per fornire qualche cifra relativa al mercato europeo delle pompe di calore geotermiche, si consideri che attualmente in Germania più del 60% delle pompe di calore installate ogni anno sono del tipo geotermico. In Svezia, ogni anno vengono installate 40000 nuovi impianti geotermici. In Svizzera, dall'anno 2005 è in servizio presso l'aeroporto di Zurigo (Dock Midfield) un impianto a pompa di calore geotermica che, durante l'estate, produce 580 MWh complessivi in modalità di raffrescamento gratuito (free cooling). In Italia, si può stimare che vi siano attualmente installate circa 10000 unità a pompa di</p>

	calore geotermica, con un trend in grande crescita.
<p><b>Vantaggi e Svantaggi</b> (variabili in funzione della taglia dell'impianto)</p>	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>affidabilità ed efficienza</b> garantiti nel <b>tempo</b> (il calore contenuto nella crosta terrestre è per sua stessa natura una fonte inesauribile e continua di energia, quindi, si può produrre elettricità costantemente ventiquattro ore su ventiquattro, per tutto l'arco dell'anno);</li> <li>• gli impianti geotermici possono essere, con grande facilità, affiancati in maniera modulare e soddisfare, conseguentemente, fabbisogni energetici crescenti;</li> <li>• in presenza di temperature sufficientemente elevate, la geotermia può essere sfruttata per produrre in maniera combinata energia elettrica e calore.</li> </ul> <p><b>S.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>impatti ambientali non trascurabili.</b> I fluidi geotermici portati in superficie, se rilasciati nell'ambiente, talvolta possono essere tossici e danneggiare in maniera significativa gli ecosistemi circostanti la centrale. Al fine di evitare l'immissione nell'ambiente di sostanze dannose, è diventata pratica comune la re-immissione dei fluidi geotermici, una volta utilizzati, nei serbatoi sotterranei. La re-iniezione in profondità dei fluidi geotermici è, inoltre, utile per ovviare al fenomeno della subsidenza. Lo svuotamento dei serbatoi geotermici può, infatti, generare fenomeni di lento e progressivo abbassamento verticale dei suoli.</li> <li>• impatto <b>paesaggistico</b>: causato dalla presenza delle centrali geotermiche diffuse sul territorio, anche se le centrali di nuova installazione sono concepite in maniera tale che il loro impatto visivo possa essere paragonato a quello di un moderno edificio.</li> <li>• impatto <b>sonoro</b>: notevole nella fase di trivellazione dei pozzi, si riduce nella fase di esercizio della centrale.</li> <li>• Nell'utilizzo dell'energia geotermica cosiddetta a bassa entalpia, un problema ad oggi inevitabile è costituito dalla dipendenza dall'energia elettrica della pompa di calore per il suo funzionamento. Va tuttavia evidenziato che nel contesto di una progettazione integrata, è possibile prevedere a priori la produzione dell'energia elettrica necessaria da FER, ad esempio mediante l'installazione di un pannello fotovoltaico.</li> </ul>
<p><b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geomorfologia del suolo e andamento del gradiente termico del terreno.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assenza/Presenza di acque ad alta temperatura.</li> </ul>
<p><b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b></p>	<p>Termica, ma anche Elettrica se la temperatura dei fluidi geotermici è elevata ( 90-100 °C in su).</p>
<p><b>Potenza – Producibilità</b></p>	<p>La producibilità di energia primaria da fonte geotermica dipende dalla dimensione delle risorse tecnicamente ed economicamente sfruttabili e dalla temperature dei fluidi di scambio (aria, acqua).</p> <p>Il D.Lgs del 10/02/10 classifica le risorse geotermiche in <b>tre tipologie</b>, a seconda della temperatura dei fluidi:</p> <p><b>1.Risorse geotermiche ad alta entalpia, “caratterizzate da una temperatura del fluido reperito superiore a 150 °C”;</b></p> <p><b>2.Risorse geotermiche a media entalpia, “caratterizzate da una temperatura del fluido reperito compresa tra 90 °C e 150 °C”;</b></p> <p><b>3.Risorse geotermiche a bassa entalpia, “caratterizzate da una temperatura del fluido reperito inferiore a 90 °C”.</b></p> <p>A seconda della temperatura del fluido e della taglia dell’impianto, viene stabilito che:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sono “d’interesse <b>nazionale</b>” le risorse geotermiche ad alta entalpia che possono “assicurare una potenza erogabile complessiva di almeno <b>20 MW termici</b>”, nonché tutte quelle “rinvenute in aree marine”;</li> <li>– Sono “d’interesse <b>locale</b>” le risorse geotermiche a media e bassa entalpia “di potenza inferiore a <b>20 MW termici</b>”;</li> <li>– <b>Piccole utilizzazioni locali</b>: consentono la realizzazione di impianti di potenza inferiore a <b>2 MW termici</b>, ottenibili dal fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15° C, ovvero mediante l’esecuzione di pozzi di profondità fino a 400 metri per ricerca, estrazione ed utilizzazione di fluidi geotermici o acque calde, anche per eventuale produzione di energia elettrica con impianti a ciclo binario ad emissione nulla.</li> </ul>
<p><b>Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell’ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.</b></p>	<p>Dalla pompa di calore da poche decine di KW termici alle centrali di qualche GW termico.</p> <p>Per quanto riguarda l’integrabilità in ambiente urbano, facciamo riferimento all’energia geotermica a “bassa entalpia”: la <b>pompa di calore</b>, è un elettrodomestico paragonabile, per dimensioni, ad un comune frigorifero, pertanto può essere posizionato in un normale contesto abitativo.</p> <p><b>Le sonde geotermiche</b>, invece, hanno bisogno di spazio in</p>



	<p>relazione alla loro tipologia. Un impianto a sonde <b>verticali</b> (o che sfrutta l'acqua come sorgente termica) necessita dello spazio necessario al passaggio e alla movimentazione dei macchinari che effettuano la perforazione. Il foro all'interno del terreno è di 14-20 cm di diametro e non comporta particolari vincoli a seguito della perforazione. Un impianto a sonde <b>orizzontali</b> necessita di uno spazio necessario alla posa in opera delle tubazioni da interrare, che può essere pari o circa il doppio dell'area abitabile da riscaldare. Ogni opzione impiantistica ha dunque bisogno di una sua verifica specifica per la posa, specie in contesti già urbanizzati o in cantieri già attivi.</p>
<p><b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo iniziale dell'impianto (pompa di calore e pannelli radianti): 60% più elevato di un impianto convenzionale caldaia-radiatori.</li> <li>• Costo di servizio dell'impianto (pompa di calore e pannelli radianti): 30% più basso di un impianto convenzionale caldaia-radiatori.</li> </ul> <p>Altri vantaggi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maggior confort abitativo: la temperatura è uniforme e il caldo non si stratifica a soffitto;</li> <li>• maggiori spazi e libertà nell'arredo, legati all'assenza dei radiatori che ingombrano e spesso sono brutti da vedere.</li> </ul>
<p><b>Incentivi e Tempi di ritorno dell'investimento</b></p>	<p><b>Per le Pompe di Calore, Detrazione d'imposta del 55% IVA agevolata del 10%.</b></p> <p><b><u>Incentivi:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh_prodotto * 15 anni. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</li> <li>• &gt;200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</li> <li>• 1 mW – Certificati Verdi (CV): Potenza impianto *_valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 0,9.</li> </ul> <p>Il tempo di ritorno varia da circa 6 anni (caso di un intervento di ristrutturazione con detrazione fiscale del 55%) a un massimo 15 anni, nel caso di una nuova costruzione.</p>

### 3.2.8 Solare fotovoltaico

#### *Definizione*

Il termine fotovoltaico è composto dalle parole foto, che deriva dal greco: phôs (=luce), e Volt, che è l'unità di misura del potenziale elettrico e della differenza di potenziale nel S.I. (Sistema Internazionale), denominazione fornita in onore Alessandro Volta, lo scienziato inventore della pila, un dispositivo in grado di convertire energia chimica in energia elettrica.

Letteralmente l'energia fotovoltaica è l'energia prodotta dalla luce. La luce è quella del Sole. La maggior parte delle forme e delle fonti di energia presenti sulla Terra traggono origine, direttamente o indirettamente, dall'energia del Sole. Anche il vento, come abbiamo visto, trae origine dalla radiazione solare.

Il potenziale energetico del Sole è praticamente illimitato: la radiazione solare che arriva sul pianeta in anno equivale ad una quantità di energia 15.000 volte superiore al fabbisogno mondiale. Ma, purtroppo, esiste un divario enorme tra questo enorme potenziale e le reali possibilità di impiego.

#### *Tecnologie*

Le tecnologie disponibili per lo sfruttamento dell'energia solare sono: il fotovoltaico, il solare termico e il solare termodinamico.

La tecnologia fotovoltaica trasforma direttamente l'energia solare incidente sulla superficie terrestre in energia elettrica, sfruttando le proprietà fisiche di materiali semiconduttori, tra questi il più utilizzato è il silicio.

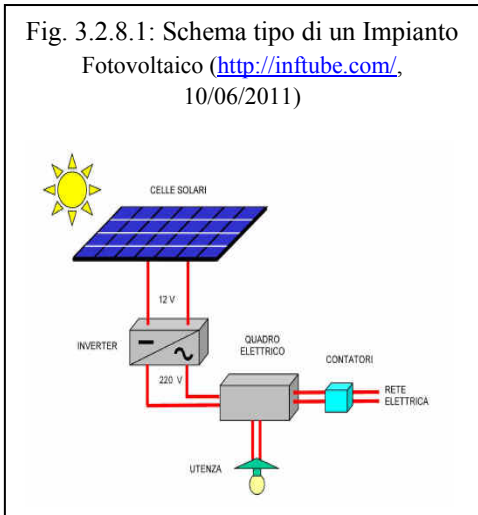
La tecnologia solare termica utilizza invece la radiazione solare per produrre calore a bassa temperatura.

La tecnologia solare termodinamica o *a concentrazione*, sfrutta la radiazione "diretta" del sole, concentrandola tramite specchi per creare alte temperature ed è impiegata principalmente per la produzione di energia elettrica, ma anche in processi chimici ad alta temperatura, quali, ad esempio, la produzione di idrogeno tramite dissociazione dell'acqua e, ovviamente, attraverso tale tecnologia è anche possibile produrre semplicemente calore.

Le componenti (Fig. 3.2.8.1) essenziali di un impianto fotovoltaico sono:

- i pannelli o moduli solari (generatore fotovoltaico), formati dall'unione di più celle solari;

- l’inverter, che trasforma la corrente continua in corrente alternata;
  - il telaio di sostegno ai moduli;
  - il contatore, che calcola la quantità di energia elettrica prodotta dall’impianto che può essere auto consumata, immagazzinata in batterie di accumulo o immessa nella rete elettrica pubblica;
  - i quadri elettrici, cavi di collegamento e locali tecnici per l’alloggiamento delle apparecchiature.
- Possono completare l’impianto, una batteria per immagazzinare l’energia in eccesso in sistemi stand alone “isolato, sistemi di monitoraggio dell’impianto e di visualizzazione dei

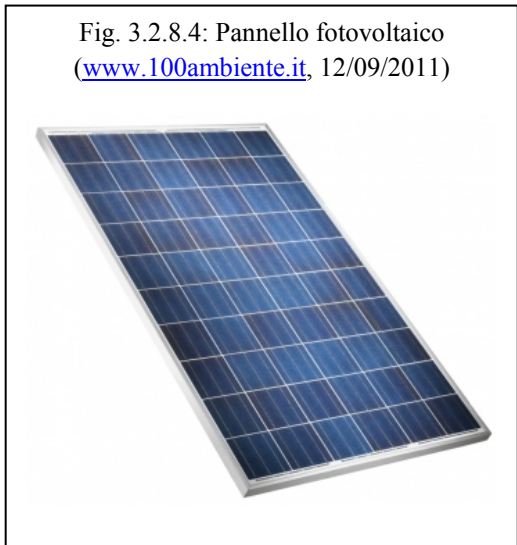
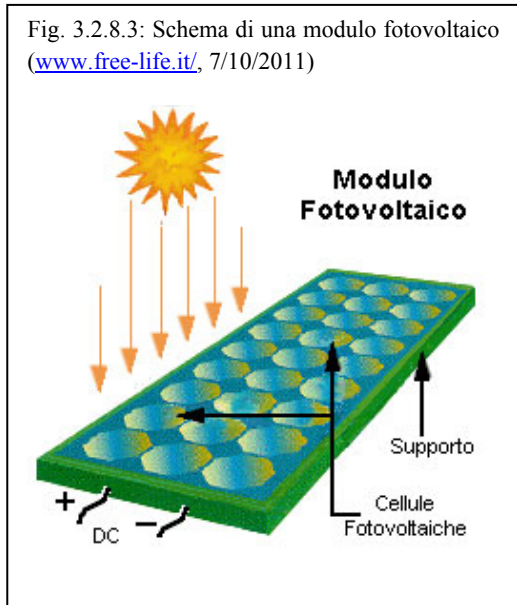
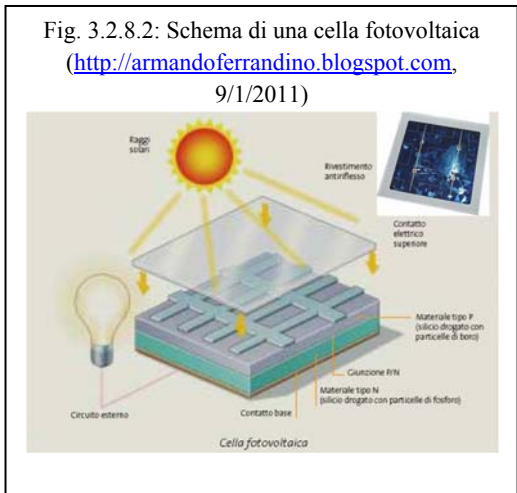


cella fotovoltaica (Fig. 3.2.8.2).

Un insieme di celle fotovoltaiche collegate tra loro costituiscono un modulo fotovoltaico (Fig. 3.2.8.3). Più moduli collegati in serie formano un pannello (Fig. 3.2.8.4), ossia una struttura comune ancorabile al suolo o a un edificio. Più pannelli collegati in serie costituiscono una stringa. Più stringhe, collegate generalmente in parallelo per fornire la potenza richiesta, costituiscono il generatore fotovoltaico.

Dal punto di vista elettrico non ci sono praticamente limiti alla produzione di potenza da sistemi fotovoltaici, perché il collegamento in parallelo delle stringhe, consente di ottenere

dati. L’elemento che consente la trasformazione dell’energia solare in elettricità è il modulo fotovoltaico il cui componente elementare è le



potenze elettriche di qualunque valore.

### ***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito***

Per valutare la potenzialità di un sito rispetto alla possibilità di produrre energia elettrica dal sole utilizzando la tecnologia fotovoltaica, bisogna sostanzialmente dare risposta a due semplici domande: la prima, di quanta energia posso disporre per unità di superficie sul sito di interesse. Questa grandezza è **l' intensità [kW/m<sup>2</sup>] della radiazione solare** (funzione della latitudine, della stagione e della durata del giorno, ma anche delle conformazione geomorfologia del territorio). Sarà importante conoscere anche la durata [ore/giorno] di questa radiazione solare. (condizioni meteorologiche)

La seconda domanda riguarda invece la presenza o meno di superfici dove poter alloggiare i pannelli fotovoltaici. Superfici della quali dovrò conoscere l'estensione, le caratteristiche spaziali.

Sarà inoltre utile conoscere la presenza di ostruzioni, ombreggiamenti, ma anche il clima igrotermico locale, il rendimento di conversione della cella fotovoltaica è fortemente influenzato dalla temperatura dell'aria e dalla sua umidità, dal vento e dalle precipitazioni che possono migliorare o peggiorare la resa elettrica.

### ***Vantaggi (V.)***

Produrre energia elettrica dal sole presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

V. ambientali:

- Nessuna emissione dannosa se non nella fase di fabbricazione (se prodotta con energie inquinanti) e nella fase di smaltimento (anche se al momento la questione deve essere approfondita).
- l'assenza di inquinamento termico e acustico

V. economici e tecnici:

- Fonte energetica praticamente illimitata; in molti casi è possibile produrre contemporaneamente sia calore che elettricità.
- Bassi costi operativi (non serve alcun carburante), manutenzione semplice ed economica.
- Durabilità: non essendoci parti meccaniche non è soggetta all'usura tipica di motori. Non ci sono parti in movimento.
- Affidabilità: i moduli fotovoltaici sono normalmente garantiti per oltre i 25 anni.
- Integrabilità: i pannelli possono essere facilmente integrati in strutture esistenti e in componenti, per un loro uso plurimo con interessanti effetti estetici. È

possibile occupare superfici altrimenti inutilizzate o utilizzate per altri usi a cui possono abbinarsi (parcheggi, pensiline, cave abbandonate, aree marginali, ecc.).

- la modularità; gli impianti possono essere ampliati a piacere aumentandone in qualsiasi momento la capacità produttiva, pertanto un sistema fotovoltaico è estremamente flessibile e può variare in funzione delle differenti esigenze (esistono sistemi da pochi milliwatt di potenza per calcolatrici o orologi e sistemi da diversi megawatt atti al funzionamento di centrali elettriche).
- la riduzione delle perdite e dei carichi sulla rete elettrica; l'energia elettrica può essere prodotta direttamente nel luogo di consumo evitando perdite dovute al trasporto ed ai cambi di tensione e riducendo attraverso la generazione diffusa di molti impianti fotovoltaici i carichi sulla rete elettrica.
- La possibilità di poter alimentare anche realtà isolate.

V. politici e sociali:

- la costruzione di impianti fotovoltaici, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l'economia dei siti in cui si opera.

### ***Svantaggi (S.)***

La produzione di energia dal Sole presenta anche degli svantaggi, soprattutto in relazione alla bassa densità energetica, che accoppiata a, seppur crescenti, bassi rendimenti di conversione determinano la necessità di dover utilizzare aree estese per produrre discrete quantità di energia.

Altri svantaggi riguardano:

- Alti costi di installazione, che oscillano tra i 4.000 e i 7.000 euro per kWh di potenza, in funzione della taglia dell'impianto che determina il peso economico dei componenti extra moduli.
- Affidabilità differenziata tra le componenti dell'impianto, anche se l'evoluzione della tecnologia sta migliorando notevolmente le prestazioni complessive;
- Difficoltà di stoccaggio dell'energia in eccesso, sia legata all'elevato costo delle batterie di accumulo ma anche ad evidenti problemi logistici.
- Produttività discontinua legata all'alternanza giorno notte, alle stagioni, alle condizioni meteorologiche.

### ***Costi e incentivi***

Lo *status quo* del fotovoltaico mostra una tecnologia con grossi margini di crescita, sia nella ricerca di nuovi materiali semiconduttori che possano sostituire o affiancare il silicio migliorandone le prestazioni, sia nello sviluppo delle prestazioni delle altre

componenti del sistema complessivo (inverter, quadri elettrici e di controllo), tutte azioni volte al raggiungimento della cosiddetta *grid parity*, ossia il punto in cui l'energia elettrica prodotta con le energie rinnovabili raggiunge lo stesso prezzo dell'energia da fonti fossili tradizionali.

I costi relativi alla produzione di energia elettrica mediante tecnologia fotovoltaica sono attualmente piuttosto elevati. La questione dei costi del fotovoltaico è oggi molto presente nel dibattito (ambientale, economico, politico e sociale) relativo all'uso delle FER, in particolare rispetto alla grande diffusione che i pannelli fotovoltaici stanno vivendo in paesi come l'Italia (al momento seconda nella classifica europea dopo la Germania per potenza installata), ma anche in relazione alla dinamica dei costi dell'energia elettrica tradizionale e all'aumento dei consumi elettrici.

Tutte le analisi condotte mostrano che produrre un kW di energia elettrica utilizzando il fotovoltaico è più costoso che produrlo, non solo con le fonti fossili convenzionali, ma anche con le altre FER.

È fondamentale ribadire che il costo del kW elettrico da fotovoltaico è fortemente dipendente da dove e sotto quali condizioni viene realizzato l'impianto. Produrre energia fotovoltaica a Palermo può costare quasi la metà che ad Aosta.

La tabella 3.2.8.1 che segue (tratta da [www.enerpoint.it](http://www.enerpoint.it), 12/01/2012) mostra la suddivisione per voce di costo dell'investimento necessario per l'installazione di un impianto fotovoltaico, in relazione alla taglia dell'impianto stesso.

Tab. 3.2.8.1 Suddivisione dei costi per l'installazione di impianti fotovoltaici.

	3 kWp	20 kWp	100 kWp	1000 kWp
Moduli	36%	49%	50%	52%
Inverter	7%	10%	10%	9%
Strutture di supporto	8%	10%	10%	10%
Cavi e quadri	14%	6%	8%	9%
Progettazione e installazione	35%	25%	22%	20%
TOTALE	100%	100%	100%	100%

La tabella mostra come il peso delle varie voci di costo dipenda dalla potenza dell'impianto: più è piccola, maggiore sarà il peso dei servizi di installazione e progettazione e minore quello dei moduli, più è grande maggiore sarà, invece, il peso dei moduli.

In ogni caso la voce di costo dominante è certamente costituita dal costo di acquisto dei moduli fotovoltaici che incidono sul totale per una percentuale variabile, in funzione della taglia dell'impianto, tra il 40 e il 60% del costo totale.

Il prezzo medio complessivo di un impianto fotovoltaico oscilla mediamente tra i 2.000 e i 3.500 euro a kWp (kilowatt di picco) e dipende sostanzialmente da due variabili:

1. la taglia dell'impianto;
2. la tecnologia utilizzata (silicio monocristallino, policristallino o amorfo, altre tecnologie comprese tra i "film sottili").

Per quanto riguarda la prima variabile va detto che il costo medio per kWp è inversamente proporzionale alla dimensione dell'impianto: più elevata è la sua taglia, più si diluiscono i costi di progettazione e installazione.

La scelta della tecnologia dipende dai seguenti fattori:

1. estetica: in certi casi i moduli al silicio amorfo o a tecnologia ibrida (combinazione di silicio amorfo e cristallino in microgranuli) sono più apprezzati esteticamente per la loro colorazione uniforme;
2. spazi disponibili: l'ottimizzazione degli spazi avviene solitamente tramite i moduli al silicio monocristallino, che hanno efficienze superiori (che significa maggiore potenza resa per unità di superficie). Quando lo spazio non è un problema si può pensare al silicio amorfo, la cui efficienza è meno della metà dei moduli al silicio cristallino;
3. produttività energetica: nei climi caldi i moduli al silicio amorfo e altri materiali facenti parte della famiglia del film sottile riescono ad avere migliori prestazioni energetiche.

La tecnologia impiegata influenza invece la capacità produttiva dei pannelli fotovoltaici e, quindi, il tempo di ritorno dell'investimento.

I moduli al silicio amorfo, ad esempio, risentono meno delle alte temperature, che causano nei moduli al silicio cristallino maggiori riduzioni di producibilità energetica. Moduli al silicio mono e policristallino hanno producibilità energetiche analoghe.

La scelta della tecnologia (per esempio il silicio monocristallino invece dell'amorfo) è vincolata invece allo spazio disponibile per l'impianto fotovoltaico e alla temperatura massima presente nella zona: i pannelli al silicio amorfo, per esempio, sono infatti in grado di produrre una quantità maggiore di energia se la temperatura esterna è elevata ed è disponibile uno spazio ampio per l'installazione.

Per quanto riguarda gli incentivi legati al mercato del fotovoltaico, la normativa nazionale e locale prevede diverse modalità di sostegno finanziario e tecnico, dal

meccanismo del Conto Energia allo scambio sul posto, ma anche contributi regionali, provinciali e comunali.

Il Conto Energia è un meccanismo incentivante che permette di ottenere un contributo proporzionale alla quantità di energia prodotta dall'impianto e al posizionamento (sugli edifici o altrove) per un periodo di 20 anni. Inoltre, l'entità dell'incentivo concesso dal Conto Energia è tanto maggiore quanto minore è la potenza di picco dell'impianto e quanto maggiore è la sua integrazione architettonica.

Altro meccanismo incentivante è quello dello Scambio sul Posto, un sistema che consente di immettere in rete l'energia elettrica prodotta e non immediatamente consumata e permette all'utente di prelevarla in un momento successivo, quando ne avrà bisogno ma il suo impianto non sarà in grado di produrne (per esempio di notte o nelle giornate molto buie e piovose). ([www.enerpoint.it](http://www.enerpoint.it), 12/01/2012)

Ad oggi, possiamo affermare, che il tempo di ritorno dell'investimento per la realizzazione di un impianto fotovoltaico oscilla tra 7-8 anni se si usufruisce del Conto Energia o di altri contributi, 12-15 anni se non si hanno incentivi.

### Tabella di sintesi

<b>FONTE</b>	<b>Radiazione solare</b>
<b>TECNOLOGIA</b>	<b>Fotovoltaico</b>
<b>Vantaggi e Svantaggi</b>	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modularità;</li> <li>• manutenzione necessaria minima;</li> <li>• assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo;</li> <li>• impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</li> </ul> <p><b>S.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici;</li> <li>• intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte;</li> <li>• alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso).</li> </ul>



<b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiazione solare incidente sul sito d'installazione;</li> <li>• Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzione</li> </ul>
<b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b>	Elettrica
<b>Potenza (m<sup>2</sup>/kWp) – Producibilità (kWh/anno)</b>	<p>In media circa <b>8 mq per kWp</b>.</p> <p>Un <b>impianto da 1 kW di potenza nominale</b>, con orientamento ed inclinazione ottimali ed assenza di ombreggiamento, non dotato di dispositivo di "inseguimento" del sole, ha le seguenti <b>producibilità annue massime</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>regioni settentrionali 1.000 - 1.300 kWh/anno;</b></li> <li>• <b>regioni centrali 1.200 - 1.400 kWh/anno;</b></li> <li>• <b>regioni meridionali 1.400 - 1.700 kWh/anno.</b></li> </ul>
<b>Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell'ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da <b>qualche Watt a centinaia di MW</b>.</li> <li>• Di relativa <b>facile integrabilità</b> ma caratterizzata da <b>bassi rendimenti</b> (max 20%)</li> </ul>
<b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b>	<b>11-17 €/kWh</b> (Fonte EPIA - Solar Generation 6)
<b>Incentivi e Tempi di ritorno dell'investimento</b>	<p><b>Incentivi "Quarto Conto Energia"</b>: da 0,297 a 0,402 €/kWh)</p> <p><b>Tempi di ritorno</b>: da un minimo di 7 (con incentivi) ad un massimo di 15 anni (senza incentivi)</p>

### 3.2.9 Solare termico e termodinamico

#### *Definizione*

Il solare termico è una tecnologia che consente la trasformazione diretta dell'energia solare in energia termica (calore). Tale calore può essere utilizzato per una serie di usi che vanno, in funzione della temperatura del fluido solare, dalla produzione di energia elettrica (temperature superiori ai 90°C), alla produzione di acqua calda sanitaria (acs), al riscaldamento domestico, ma anche al teleriscaldamento nel caso di grandi impianti.

## Tecnologia

La tecnologia del solare termico ha raggiunto una maturità ed un'affidabilità tali da posizionare tale sistema di riscaldamento dell'acqua tra quelli più efficaci ed efficienti, nonché economiche e, quindi, competitive.

La radiazione solare, nonostante la sua scarsa densità energetica, resta, infatti, la fonte di energia più abbondante, gratuita e pulita sulla superficie terrestre.

La tecnologia del solare termico utilizza i principi della termodinamica ed in particolar modo la trasmissione del calore da un corpo "caldo" ad uno "freddo": il corpo caldo è il sole che irraggia energia nello spazio circostante ed il corpo freddo è il fluido che scorre all'interno del pannello; si ha quindi un sistema che funziona senza utilizzare un combustibile oneroso. Il combustibile è la radiazione solare incidente (gratuita) che riscalda il fluido termico (acqua glicolata e liquido antigelo o aria o soluzioni).

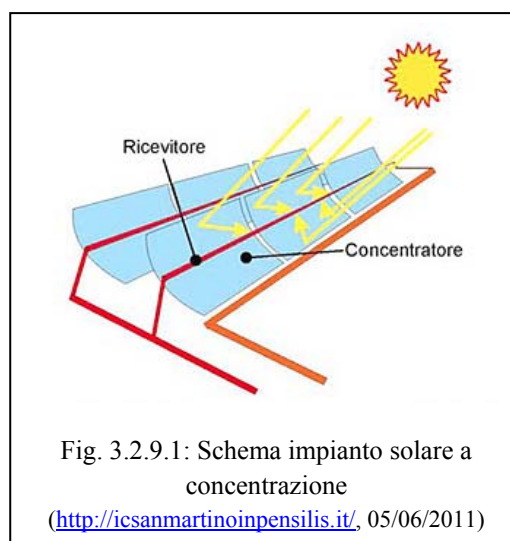
Le principali metodologie oggi utilizzate per captare l'energia solare e trasformarla in energia termica sono due:

1) a concentrazione (Fig. 3.2.9.1) (CSP, *Concentrating Solar Power*), il cui principio base di funzionamento è la riflessione dei raggi solari tramite degli specchi concentrici verso un unico punto focale. La concentrazione dei raggi solari in un unico punto consente di ottenere scaldare i fluidi termici portandoli a temperature molto. I fluidi caldi possono essere direttamente o per la produzione di vapore inviare ad una turbina che produce energia meccanica, trasformata in energia elettrica tramite un alternatore.

2) senza concentrazione, ovvero mediante pannelli solari dove è presente un fluido che può essere utilizzato direttamente o per cedere calore attraverso uno scambiatore ad un fluido "secondario" o "di servizio".

Di tutta la radiazione solare che investe un pannello solare sotto forma di onde elettromagnetiche portatori di luce e calore, solo una parte viene convertita in energia termica (energia utile), la restante parte viene dispersa sotto forma di calore trasmesso dal pannello all'ambiente circostante. Negli ultimi anni il rendimento di conversione dei pannelli solari è aumentato del 30%, rendendo le varie applicazioni nell'edilizia, nell'industria, nel terziario e nell'agricoltura commercialmente competitive.

Gli impianti solari termici sono classificati in base alla temperatura di esercizio del fluido termovettore in:



- Solare termico a bassa temperatura (BT) - Le tecnologie a bassa temperatura comprendono i sistemi che usano un collettore solare (pannello solare) per riscaldare un liquido o l'aria. Lo scopo è captare e trasferire energia solare per produrre acqua calda per uso domestico o per riscaldare/raffrescare (macchine ad assorbimento) gli edifici. La denominazione "bassa temperatura" riguarda i fluidi scaldati al di sotto dei 100 °C (raramente si può arrivare a 120 °C).

- Solare termico a media Temperatura (MT) - La più comune tra le applicazioni della conversione a media temperatura è rappresentata dai forni solari, dispositivi che richiedono la concentrazione dei raggi solari per raggiungere temperature maggiori di 250°C. Altre applicazioni riguardano il calore di processo industriale. La denominazione "media temperatura" riguarda i fluidi con temperature comprese tra 100 e 500°C.

- Solare termico ad alta temperatura (AT) - Detto anche “solare termodinamico”, maggiormente utilizzato per la produzione di elettricità. Il fluido caldo che si ottiene viene usato per far muovere una turbina a vapore e produrre quindi energia elettrica. Le tecnologie ad alta temperatura più utilizzate sono: gli specchi parabolici lineari, le torri solari ed i sistemi a concentratori parabolici indipendenti. La denominazione "alta temperatura" riguarda i fluidi con temperature comprese tra 500 e 1000°C.

Il solare termico a bassa temperatura consta di tre tecnologie di base:

- pannelli in materiale plastico,
- collettori piani vetrati,
- collettori sottovuoto.

I pannelli in materiale plastico sono caratterizzati dai costi più bassi ed è adatta all'impiego estivo, in quanto l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per convezione troppo elevate per un uso con basse temperature esterne. L'acqua da riscaldare attraversa direttamente il pannello, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche dello scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per gli stabilimenti balneari, i campeggi, le piscine scoperte e le residenze di villeggiatura estiva.

I collettori piani sono la tecnologia più diffusa e più adattabile. Rispetto a quelli in plastica offrono una resa buona tutto l'anno. Da un punto di vista costruttivo sono disponibili varie soluzioni che si distinguono per la selettività della piastra assorbente, per i materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) e per l'essere idonee all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (meno costose, più affidabili, ma meno integrabili con le strutture architettoniche da un punto di vista

estetico, perché il serbatoio di accumulo deve essere posizionato più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze).

I collettori sottovuoto presentano il rendimento migliore in tutte le stagioni, grazie al sostanziale annullamento delle perdite per convezione. Il costo maggiore rispetto alla soluzione piana, comunque, ne consiglia l'adozione solo in casi particolari (temperature dell'acqua più elevate e/o clima rigido). Sono nella maggior parte dei casi di forma tubolare, permettendo l'inclinazione ottimale della piastra captante, anche se disposti secondo superfici orizzontali o verticali.

Le componenti essenziali di un impianto solare termico (Fig. 3.2.9.2) sono:

- Il collettore solare o pannello solare: è il dispositivo base su cui si basa questa tecnologia. I collettori sono attraversati da un fluido termovettore incanalato in un circuito solare che lo porterà ad un accumulatore.

- L'accumulatore o serbatoio di accumulo, che ha la funzione di immagazzinare più energia termica possibile al fine di poterla usare successivamente, al momento del bisogno.

Esistono tre tipi di impianti:

- a circolazione naturale (Fig. 3.2.9.3): in questo tipo il fluido è l'acqua stessa che riscaldandosi sale per convezione in un serbatoio di accumulo (boiler), che deve essere posto più in alto del pannello, dal quale viene distribuito alle utenze domestiche; il circuito è aperto, in quanto l'acqua che viene consumata viene sostituita dall'afflusso esterno. Questo impianto ha per pregio la semplicità ma è caratterizzato da una elevata dispersione termica, a scapito della efficienza.

- a circolazione forzata (Fig. 3.2.9.4): un circuito composto dal pannello, una serpentina posta all'interno del boiler ed i tubi di raccordo. Una pompa, detta circolatore, permette la cessione del calore

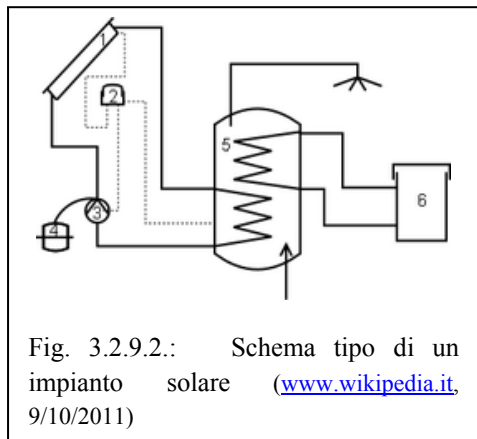


Fig. 3.2.9.2.: Schema tipo di un impianto solare ([www.wikipedia.it](http://www.wikipedia.it), 9/10/2011)

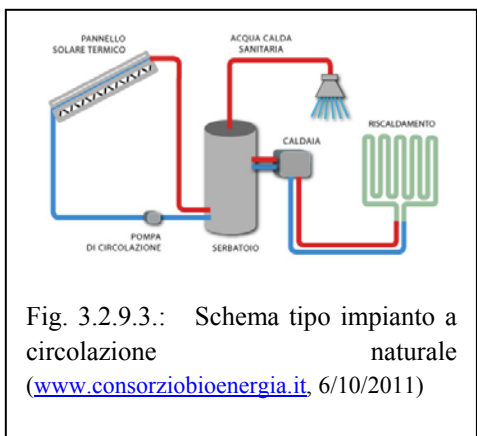


Fig. 3.2.9.3.: Schema tipo impianto a circolazione naturale ([www.consorziobioenergia.it](http://www.consorziobioenergia.it), 6/10/2011)

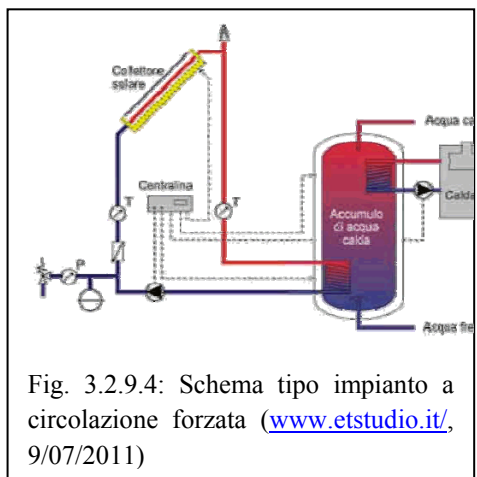


Fig. 3.2.9.4.: Schema tipo impianto a circolazione forzata ([www.etstudio.it/](http://www.etstudio.it/), 9/07/2011)

raccolto dal fluido, in questo caso glicole propilenico, simile al glicole etilenico (il liquido usato per i radiatori delle automobili), alla serpentina posta all'interno del boiler. Il circuito è notevolmente più complesso, dovendo prevedere un vaso di espansione, un controllo di temperatura ed altri componenti, ed ha un consumo elettrico dovuto alla pompa e alla centralina di controllo, ma ha una efficienza termica ben più elevata, visto che il boiler è posto all'interno e quindi meno soggetto a dispersione termica durante la notte o alle condizioni climatiche avverse.

- a svuotamento: il sistema è analogo al quello a circolazione forzata, solo che l'impianto viene riempito e quindi usato solo quando è necessario o possibile. Se l'impianto ha raggiunto la temperatura desiderata, si svuota, oppure se manca il sole l'impianto non si riempie. questo permette anche di aumentare il numero dei collettori solari. Unico vincolo risiede nella necessità di avere una pendenza minima tra il collettore e il serbatoio di raccolta. ([www.fire-italia.it/](http://www.fire-italia.it/), 7/10/2011)

### ***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito***

Analogamente con l'uso della tecnologia fotovoltaica, per valutare la potenzialità di un sito rispetto alla possibilità di produrre energia elettrica e termica dal sole utilizzando la tecnologia solare termica o termodinamica, bisogna sostanzialmente dare risposta a due semplici domande: la prima, di quanta energia posso disporre per unità di superficie sul sito di interesse. Questa grandezza è l'intensità [ $\text{kW/m}^2$ ] della radiazione solare (funzione della latitudine, della stagione e della durata del giorno, ma anche delle conformazione geomorfologia del territorio). Sarà importante conoscere anche la durata [ore/giorno] di questa radiazione solare (condizioni meteorologiche).

La seconda domanda riguarda invece la presenza o meno di superfici dove poter alloggiare i pannelli solari o termodinamici. Superfici della quali dovrò conoscere l'estensione, le caratteristiche spaziali.

Sarà inoltre utile conoscere la presenza di ostruzioni, ombreggiamenti, ma anche il clima igrotermico locale, il rendimento di conversione dei pannelli è infatti influenzato dalla temperatura dell'aria e dalla sua umidità, dal vento e dalle precipitazioni.

### ***Vantaggi (V.)***

Produrre energia elettrica e calore dal sole presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

## V. ambientali:

- Nessuna emissione dannosa se non nella fase di fabbricazione (se prodotta con energie inquinanti) e nella fase di smaltimento (anche se al momento la questione deve essere approfondita).
- l'assenza di inquinamento termico e acustico

## V. economici e tecnici:

- Fonte energetica praticamente illimitata; In molti casi è possibile produrre contemporaneamente sia calore che elettricità.
- Bassi costi operativi (non serve alcun carburante), manutenzione semplice ed economica.
- Durabilità: non essendoci parti meccaniche non è soggetta all'usura tipica di motori. Non ci sono parti in movimento.
- Integrabilità: i pannelli possono essere facilmente integrati in strutture esistenti e in componenti, per un loro uso plurimo con interessanti effetti estetici. È possibile occupare superfici altrimenti inutilizzate o utilizzate per altri usi a cui possono abbinarsi (parcheggi, pensiline, cave abbandonate, aree marginali, ecc.).
- la modularità: gli impianti possono essere ampliati a piacere aumentandone in qualsiasi momento la capacità produttiva, pertanto un sistema solare termico o termodinamico è estremamente flessibile e può variare in funzione delle differenti esigenze (esistono sistemi da pochi milliwatt di potenza per calcolatrici o orologi e sistemi da diversi megawatt atti al funzionamento di centrali elettriche).
- La possibilità di poter alimentare anche realtà isolate.

## V. politici e sociali:

- la costruzione di impianti solari e termodinamici, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l'economia dei siti in cui si opera.

***Svantaggi (S.)***

La produzione di energia elettrica e termica dal Sole presenta anche degli svantaggi, soprattutto in relazione alla bassa densità energetica che determina la necessità di dover disporre di aree estese.

Altri svantaggi riguardano:

- Difficoltà di stoccaggio dell'energia in eccesso, legata al costo di grandi serbatoi di accumulo ma anche ad evidenti problemi logistici.
- Produttività discontinua legata all'alternanza giorno notte, alle stagioni, alle condizioni meteorologiche.
- l'impatto visivo dei collettori che, in aree di particolare pregio architettonico, può risultare sgradevole.

### **Costi e incentivi**

Il costo di un impianto solare dipende da un insieme di variabili, tra cui: il tipo di collettori scelti, la complessità impiantistica, la taglia dell'impianto. In linea di massima, il costo dei materiali (pannelli, serbatoio, ecc.) rappresenta la fetta più onerosa, incidendo per circa il 70% sul costo totale. Il restante è dovuto all'installazione dell'impianto (circa il 25%) e alle eventuali spese di trasporto e di progettazione (il rimanente 5%).

Il Costo varia da 400 a 1000 €/m<sup>2</sup> in funzione della taglia dell'impianto.

Un impianto a pannelli piani per la produzione di acs che copre il fabbisogno medio di una famiglia di 4-5 persone ha un costo variabile tra i 4000-6000 Euro, in relazione al sito di ubicazione e alle specifiche condizioni di installazione.

In Italia, l'installazione di un impianto solare termico è sostenuta da una misura fiscale, introdotta dalla Legge cosiddetta Finanziaria del 2008, che consente la detrazione d'imposta del 55%, in fase di dichiarazione dei redditi e in un intervallo di tempo compreso tra 3 e 10 anni, delle spese sostenute per la progettazione e la realizzazione dell'impianto. Inoltre è da ricordare che per gli impianti solari termici si applica l'aliquota IVA agevolata al 10%.

Ad oggi, possiamo affermare, che il tempo di ritorno dell'investimento per la realizzazione di un impianto fotovoltaico oscilla tra 3-8 anni a seconda che si usufruisca o meno della detrazione IRPEF del 55%.

### **Tabella di sintesi**

<b>FONTE</b>	<b>Radiazione solare</b>
<b>TECNOLOGIA</b>	<b>Solare termico e termodinamico</b>
<b>Vantaggi e Svantaggi</b>	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• modularità;</li> <li>• manutenzione necessaria minima;</li> <li>• assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo;</li> <li>• impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</li> </ul> <p><b>S.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici;</li> <li>• intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte; alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso)</li> </ul>

<b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Localizzazione dell'impianto, ovvero coordinate geografiche del sito;</li> <li>Pendenza e orientamento dei pannelli;</li> <li>Disponibilità di superfici per l'installazione;</li> <li>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzione</li> </ul>
<b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Termica (Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Acque di processo)</li> <li>Elettrica (solare termodinamico)</li> </ul>
<b>Potenza (m<sup>2</sup>/kWp) – Producibilità (kWh/anno)</b>	<p>Considerando un fabbisogno medio di acs pari a 50, l/persona/giorno e un'ideale installazione di un pannello solare piano (orientato verso sud, con inclinazione di 30°), occorreranno 1,2 m<sup>2</sup> al Nord, 1 m<sup>2</sup> al Centro e 0,8 m<sup>2</sup> al Sud Italia.</p> <p>Se oltre all'acs vogliamo utilizzare i pannelli solari per il riscaldamento, dovremo considerare valori variabili, in funzione della localizzazione (Nord, Centro o Sud) e dell'installazione (direzione e inclinazione), da 1 1,5 a 3 <b>m<sup>2</sup>/kWp di potenza nominale installata per il riscaldamento dell'edificio.</b></p>
<b>Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell'ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Da pochi kWp a alcuni Gwp, per i grossi impianti termodinamici.</li> <li>Integrabilità massima nell'ambiente costruito, con buoni rendimenti (60-80%), funzionano anche in assenza di radiazione solare diretta.</li> <li>Possono sostituire carichi elettrici (condizionatori, scaldini, ecc), che hanno importanti ricadute sulla bolletta energetica, e abbattere notevolmente l'inquinamento atmosferico e termico (isola di calore) a carico dei nostri insediamenti.</li> </ul>
<b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b>	<p>Il Costo varia da <b>400 a 1000 €/m<sup>2</sup></b> in funzione della taglia dell'impianto.</p> <p><b>Un impianto a pannelli piani</b> per la produzione di acs che copre il fabbisogno medio di una <b>famiglia di 4-5 persone</b> ha un costo variabile tra <b>i 4000-6000 Euro</b>, in relazione al sito di ubicazione e alle specifiche condizioni di installazione).</p>
<b>Incentivi e Tempi di ritorno dell'investimento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Detrazione d'imposta del 55%</b></li> <li><b>IVA agevolata del 10%.</b></li> <li><b>Tempi di ritorno: 3-8 anni</b></li> </ul> <p>Per valutare il tempo di ritorno dell'investimento servono due dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>il costo totale dell'impianto;</li> <li>il risparmio economico annuo ottenuto grazie all'impianto stesso</li> </ul>



Il rapporto tra questi due numeri (costo totale/risparmio annuo) ci dà come risultato gli anni necessari per azzerare i costi dell'investimento. Una volta raggiunto "l'anno zero", possiamo considerare come gratuita tutta l'energia che l'impianto solare ci fornirà negli anni successivi, fino al termine della sua vita utile.

### 3.2.10 Biomasse

#### *Definizione*

Il termine biomassa deriva dalla parola greca *bios*=vita. Le biomasse rappresentano la forma più sofisticata e complessa di accumulo dell'energia solare. Lessicalmente la parola biomasse è un termine che riunisce una gran quantità di materiali, di natura estremamente eterogenea, accomunati dall'aver una matrice organica di origine biologica, sia di natura animale che vegetale.

La radiazione solare consente alle piante di convertire la CO<sub>2</sub> atmosferica in materia organica, tramite il processo di fotosintesi, durante la loro crescita. In questo modo vengono fissate complessivamente circa  $2 \times 10^{11}$  (duecento miliardi) tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno, con un contenuto energetico dell'ordine di  $70 \times 10^3$  (settantamila) megatonnellate equivalenti di petrolio. ([www.eniscuola.net](http://www.eniscuola.net), 13/10/2011)

Tra le FER oggi disponibili la biomassa rappresenta, in ragione della varietà dei "materiali" organici da cui deriva, la fonte che si presta alla maggior numero di uso (come il rivale petrolio): dai carburanti ai combustibili solidi, liquidi o gassosi.

Le più diffuse e importanti tipologie di biomassa sono: i residui forestali, gli scarti dell'industria di trasformazione del legno (trucioli, segatura, etc.) e delle aziende zootecniche, e la parte organica dei rifiuti solidi urbani. Le principali applicazioni della biomassa riguardano: la produzione di energia (biopower), la sintesi di carburanti (biofuels) e di prodotti (bioproducts).

#### *Tecnologie*

La trasformazione energetica delle biomasse può essere attribuita a due macrocategorie di processi: termochimici e biochimici.

#### *PROCESSI TERMOCHIMICI*

I processi di conversione termochimica sono basati sull'azione del calore che permette le reazioni chimiche necessarie a trasformare la materia in energia e sono utilizzabili per i prodotti ed i residui cellulosici e legnosi in cui il rapporto tra

Carbonio e Azoto (C/N) abbia valori superiori a 30 ed il contenuto di umidità non superi il 30%.

Le biomasse più adatte a subire processi termochimici (ad essere bruciate) sono:

- la legna e tutti i suoi derivati (segatura, trucioli, etc.),
- sottoprodotti colturali di tipo ligno-cellulosico (paglia di cereali, residui di potatura della vite e dei fruttiferi, etc.),
- scarti di lavorazione (lolla, pula, gusci, noccioli, etc.).

Le principali tecnologie basate su processi termochimici sono: la combustione diretta, la co-combustione (cofiring), la carbonizzazione, la gassificazione e la pirolisi.

### ***La combustione diretta***

La combustione diretta è il più semplice dei processi termochimici. Consiste nell'ossidazione completa del combustibile (la biomassa) da parte dell'ossigeno (comburente) presente nell'aria; avviene, in genere, in apparecchiature (caldaie) in cui si verifica anche lo scambio di calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo (acqua, olio diatermico, etc.). La combustione di prodotti e residui agricoli si attua con buoni rendimenti, se si utilizzano come combustibili sostanze ricche di glucidi strutturati (cellulosa e lignina) e con contenuti di acqua inferiori al 30%.

Le biomasse utilizzabili a tale scopo sono le seguenti:

- legname in tutte le sue forme (cippato e pellet);
- paglie di cereali;
- residui di raccolta di legumi secchi;
- residui di piante oleaginose (ricino, catramo, etc.);
- residui di piante da fibra tessile (cotone, canapa, etc.);
- residui legnosi di potatura di piante da frutto e di piante forestali;
- residui dell'industria agro-alimentare.

### ***La co-combustione (cofiring)***

Il *cofiring* è una tecnica che permette di ottimizzare le centrali termoelettriche tradizionali, attraverso l'utilizzazione della biomassa come combustibile complementare a quello fossile. Consiste in particolare nella sostituzione di una porzione di carbone con la biomassa da utilizzare nella stessa caldaia dell'impianto preesistente. Ciò può essere fatto miscelando la biomassa con carbone prima che il combustibile venga introdotto nella caldaia o utilizzando alimentazioni separate per il carbone e la biomassa. In base al tipo di caldaia e al sistema di alimentazione

impiegato, la biomassa può sostituire fino al 20% del carbone. ([www.eniscuola.net](http://www.eniscuola.net), 13/10/2011)

### ***La carbonizzazione***

La carbonizzazione è un processo di pretrattamento del materiale vegetale che consiste nella trasformazione termochimica delle molecole strutturate dei prodotti legnosi e celluloseici (biomassa) in carbone (carbone di legna o carbone vegetale), mediante la somministrazione di calore in presenza di poco ossigeno e la conseguente eliminazione dell'acqua e delle sostanze volatili non combustibili dalla materia vegetale.

### ***La gassificazione***

La gassificazione è un processo che consiste nella trasformazione delle biomasse in composti gassosi, attraverso una decomposizione termica (ossidazione parziale) ad alta temperatura (900÷1.000°C). Il gas prodotto è una miscela di H<sub>2</sub> (idrogeno), CO (monossido di carbonio), CH<sub>4</sub> (metano), CO<sub>2</sub> (anidride carbonica), H<sub>2</sub>O (vapore acqueo) e N<sub>2</sub> (azoto), accompagnati da ceneri in sospensione e tracce di idrocarburi (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>). La proporzione tra i vari componenti del gas varia notevolmente in funzione dei diversi tipi di gassificatore, dei combustibili e del loro contenuto di umidità. Questo gas (detto gas di gasogeno) è di potere calorifico inferiore medio-basso, (oscilla tra i 4.000 kJ/Nm<sup>3</sup> dei gassificatori ad aria, i 10.000 kJ/Nm<sup>3</sup> dei gassificatori a vapor d'acqua ed i 14.000 kJ/Nm<sup>3</sup> di quelli ad ossigeno) può essere impiegato direttamente nell'industria chimica ed elettrica o, altrimenti, convertito in idrocarburi liquidi o solidi tipo cere. ([www.eniscuola.net](http://www.eniscuola.net), 13/10/2011)

### ***La pirolisi***

La pirolisi o piroscissione è un processo di degradazione termochimica dei materiali organici, attraverso l'azione del calore, a temperature elevate (tra 400 e 800°C), in completa assenza degli agenti ossidanti (aria o ossigeno) o con una ridottissima quantità di ossigeno (in questo caso il processo può essere descritto come una parziale gassificazione). Dalla pirolisi si ottengono prodotti gassosi, liquidi e solidi, in proporzioni variabili in funzione dei metodi utilizzati (pirolisi veloce, lenta, o convenzionale) e dei parametri di reazione. La produzione di energia basata su questo processo presenta ancora alcuni problemi connessi alla qualità dei prodotti così ottenuti.

## ***PROCESSI BIOCHIMICI***

Nei processi biochimici le reazioni chimiche che permettono di estrarre energia sono prodotte grazie all'azione di enzimi, micro-organismi e funghi, che si riproducono, sotto particolari condizioni, nelle biomasse. Tali processi di trasformazione di energia

possono essere applicati alle biomasse caratterizzate da un alto tasso di umidità (superiore del 30%) e un basso valore del rapporto tra carbonio e azoto (C/N), minore di 30.

Le biomasse più adatte a subire processi biochimici sono le seguenti:

- colture acquatiche (alghe),
- alcuni sottoprodotti colturali (foglie e steli di barbabietola, ortive, patata, ecc.),
- reflui zootecnici,
- scarti di lavorazione (borlande, acqua di vegetazione, etc.),
- biomassa eterogenea immagazzinata nelle discariche controllate.

Le principali tecnologie basate su processi biochimici sono: digestione anaerobica, digestione aerobica, estrazione di oli vegetali e produzione di biodiesel, fermentazione alcolica.

### ***Digestione anaerobica***

La digestione anaerobica è un processo di fermentazione (conversione biochimica) della materia organica ad opera di micro-organismi in assenza di ossigeno (anaerobiosi); consiste nella demolizione delle sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi), contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale, che dà origine ad un gas (biogas) costituito per il 50-70% da metano (CH<sub>4</sub>) e per la restante parte soprattutto da CO<sub>2</sub>, con un potere calorifico medio dell'ordine di 23.000 kJ/Nm<sup>3</sup>. Tale processo di fermentazione della sostanza organica ne conserva integri i principali elementi nutritivi presenti (azoto, fosforo, potassio), agevolando la mineralizzazione dell'azoto organico, in modo che l'effluente ne risulti un ottimo fertilizzante. Il biogas prodotto viene raccolto, essiccato, compresso ed immagazzinato per utilizzarlo come combustibile per le caldaie a gas nella produzione del calore o per i motori a combustione interna per produrre energia elettrica. Gli impianti a digestione anaerobica possono essere alimentati anche con residui ad alto contenuto di umidità, quali le deiezioni animali, i reflui civili, i rifiuti alimentari e la frazione organica dei rifiuti solidi urbani e questo potrebbe rappresentare un'interessante opportunità negli impianti di raccolta dei rifiuti urbani. Però, la raccolta del biogas sviluppato nelle discariche, anche se attrezzate allo scopo, non supera il 40% circa del gas generato e quasi il 60% è disperso in atmosfera, esito non auspicabile perché la gran quantità di metano presente nel biogas ha conseguenze negative sull'effetto serra. Pertanto questo processo andrebbe svolto essenzialmente in appositi impianti chiusi (digestori), dove quasi tutto il gas prodotto viene raccolto ed usato come combustibile. ([www.nikmatecopower.it](http://www.nikmatecopower.it), 12/12/2011)

***Digestione aerobica***

La digestione aerobica consiste nella metabolizzazione ad opera di batteri delle sostanze organiche, in ambiente condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi micro-organismi convertono sostanze complesse in altre più semplici, liberando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e producendo un elevato riscaldamento del substrato, proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori a fluido. In Europa viene utilizzato il processo di digestione aerobica termofila autoriscaldata (Autoheated Thermophilic Aerobic Digestion) per il trattamento delle acque di scarico. Più recentemente tale tecnologia si è diffusa anche in Canada e Stati Uniti. ([www.eniscuola.net](http://www.eniscuola.net), 13/10/2011)

***Estrazione di oli vegetali e produzione di biodiesel***

Alcune essenze vegetali sono caratterizzate da semi ricchi di oli, e per questo dette oleaginose. È possibile estrarre questi oli vegetali ed utilizzarli come combustibili per alimentare gruppi elettrogeni attraverso la combustione diretta. Queste piante (soia, colza, girasole, mais, ecc.) producono quantità di olio in misura del 35-45% del loro peso.

L'impiego di oli vegetali per produrre energia è particolarmente interessante sia per la disponibilità e la semplicità delle tecnologie di conversione e di utilizzo, sia per la possibilità di utilizzare in maniera vantaggiosa anche i sottoprodotti del processo (la glicerina, utilizzata nell'industria farmaceutica, ma anche, i residui di spremitura, molto proteici, utilizzati nell'alimentazione degli animali).

***Fermentazione alcolica***

La fermentazione è un processo di tipo micro-aerofilo (operato da micro-organismi che per vivere richiedono un tasso di ossigeno inferiore a quello dell'aria) che opera la trasformazione dei glucidi contenuti nelle produzioni vegetali in bio-etanolo.

Il bio-etanolo è un prodotto utilizzato come carburante nei motori a combustione interna, normalmente di tipo *dual fuel*. Si tratta di un prodotto con un buon compromesso tra prezzo, disponibilità, prestazioni ed emissioni climalteranti, fortemente ridotte rispetto ai carburanti tradizionali (benzina e diesel).

***Parametri di valutazione delle potenzialità di un sito***

Per valutare la potenzialità di un sito rispetto alla possibilità di produrre energia elettrica, termica e/o biocarburanti dalle biomasse, bisogna sostanzialmente individuare la disponibilità di "materiale" di origine organica, quantificare tale disponibilità, caratterizzarla in termini di tipologia e distribuzione sul territorio.

Sintetizzando la disponibilità di biomasse deriva dall'attività di tre filiere rappresentative:

1. “del legno” (Pellet e Cippato): essenze ad hoc, residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;
2. “dell’agricoltura” (Pellet, Olio vegetale, Biodiesel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;
3. “degli scarti e dei rifiuti” (Biogas e Termovalorizzazione)

### **Vantaggi (V.)**

Produrre energia elettrica e termica dalle biomasse presenta numerosi vantaggi, sia di tipo ambientale sia di tipo economico, ma anche di ordine politico e sociale.

#### V. ambientali:

- l’anidride carbonica emessa durante la produzione di energia elettrica e termica è quella che è stata sottratta all’atmosfera dalle piante grazie al meccanismo della fotosintesi clorofilliana.
- Ridurre l’impatto ambientale legato alla gestione dei rifiuti, grazie alla possibilità di utilizzare parte dei rifiuti urbani come materia prima per la produzione di combustibili.
- Unica fonte in grado di sostituire i combustibili per autotrasporto, abbattendo di molto l’inquinamento atmosferico (rimangono emissioni marginali legate al taglio, alla raccolta, alla movimentazione e al trasporto delle biomasse);

#### V. economici e tecnici:

- possono sostituire integralmente i combustibili fossili, in quanto riescono a riprodurre integralmente ciascuna tipologia di applicazione;
- Fonte abbondante, diffusa, stoccabile e non intermittente; energetica praticamente illimitata; In molti casi è possibile produrre contemporaneamente sia calore che elettricità.
- Costi competitivi e assolutamente paragonabili a quelli delle fonti fossili.
- La possibilità di poter alimentare anche realtà isolate.

#### V. politici e sociali:

- la costruzione di impianti a biomasse/biogas, crea posti di lavoro per le popolazioni locali e sostiene l’economia dei siti in cui si opera.

### **Svantaggi (S.)**

La produzione di energia elettrica e termica dalle biomasse presenta anche degli svantaggi, soprattutto in relazione alla bassa densità energetica, legata da un’elevata

dispersione sul territorio della “materia” organica, anche se esistono eccezioni locali (filieri agroalimentari, aziende zootecniche, depuratori e discariche, ecc).

Altri svantaggi riguardano:

- sottrazione di suoli agricoli per la produzioni agroalimentare, terreni che vengono utilizzati per le coltivazione delle cosiddette “colture energetiche”;
- inquinamento atmosferico legato alla produzione di energia.

### ***Costi e incentivi***

Il costo dell’energia prodotta mediante valorizzazione di biomasse è molto variabile in relazione alle specifiche situazioni locali, alla disponibilità, all’eterogeneità delle materie organiche che richiedono trattamenti differenziati.

In molti casi la voce di costo più importante è quella legata alla raccolta e allo stoccaggio delle biomasse. Quest’aspetto determina anche un impatto significativo sull’ambiente determinato dai mezzi di trasporto delle biomasse.

Per tutto questo è molto difficile determinare analiticamente un costo medio al kWh dell’energia da biomasse/biogas.

La normativa nazionale ha, negli ultimi anni, introdotto una serie di incentivi economici (Fig. 3.2.10.1) legati alla produzione di energia da fonte rinnovabile. La durata e l’entità degli incentivi è legata al range dimensionale dell’impianto e alla fonte rinnovabile utilizzata.

L’energia da biomassa/biogas, come tutte le fonte rinnovabili, è soggetto ad una distinzione in base alla soglia di potenza dei 200 kW.

**Lo Scambio sul posto:** tutti gli impianti per la produzione di energia elettrica, alimentati da fonti rinnovabili e quindi anche le biomasse/biogas, con potenza **fino a 200 kW** possono accedere al meccanismo di **scambio sul posto** dell’energia elettrica prodotta, cioè la possibilità di cedere alla rete elettrica locale la produzione da fonte rinnovabile e di prelevare dalla stessa rete i quantitativi di elettricità nelle ore e nei giorni in cui gli impianti rinnovabili non sono in grado di produrre; tutto ciò pagando solo la differenza, su base annua, tra i consumi totali del cliente e la produzione del suo piccolo impianto.

**Tariffa fissa onnicomprensiva:** la produzione di energia elettrica mediante impianti a biomassa/biogas e di potenza nominale **media annua non superiore a 1 MW**, immessa nel sistema elettrico, ha diritto, in alternativa ai certificati verdi e su richiesta del produttore, a una tariffa fissa di **28 Eurocent/kWh**, per un periodo di **15 anni**.

**I Certificati Verdi (CV):** Per gli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007 di potenza nominale media annua superiore a 1 MW, il GSE rilascia i Certificati Verdi per 15 anni.

I CV costituiscono una forma di incentivazione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, introdotta attraverso il cosiddetto Decreto Bersani (Legge n. 244 del 2007). I CV funzionano alla stregua dei titoli di stato: un gestore che ha impianti che producono energia da fonti rinnovabili può rivendere i **certificati verdi (1 certificato per GWh prodotto)** a qualsiasi industria o attività, che per legge ha una quota minima di energia che dovrebbe provenire da fonti rinnovabili, ma che per qualsiasi motivo non può o non vuole produrre. In questo caso l'industria compra un tot di **certificati verdi** dal produttore di energia rinnovabile.

Periodo di esercizio	A) Qualsiasi taglia di potenza		B) Solo per gli impianti più piccoli (in alternativa allo schema A)	
	Incentivo	Valorizzazione energia	Incentivo	Valorizzazione energia
Primi 15 anni	Vendita CV attribuiti all'energia prodotta (in misura distinta per le diverse fonti)	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato <sup>2</sup> oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>	Tariffe onnicomprensive di ritiro dell'energia immessa in rete (distinte per le diverse fonti)	
Dopo	-	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato <sup>2</sup> oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>	-	Autoconsumo e Libero mercato oppure Ritiro dedicato oppure Scambio sul posto <sup>3</sup>

1. Di potenza non superiore a 1 MW (200 kW per gli impianti eolici on-shore).

2. Di potenza non superiore a 10 MVA o di potenza qualsiasi nel caso di fonti rinnovabili non programmabili.

3. Di potenza non superiore a 200 kW.

Fig. 3.2.10.1 Voci di ricavo per gli impianti a fonti rinnovabili, diverse dalla fonte solare, entrati in esercizio dopo il 31/12/2007, tab. tratta dal Guida agli incentivi per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, GSE, 2010. Ù

### Tabella di sintesi

<b>FONTE</b>	<b>Combustibili di natura solida, liquida e gassosa.</b>
<b>TECNOLOGIA</b>	<p><b>Processi termochimici:</b> combustione diretta; gassificazione; Carbonizzazione; Pirolisi; Steam Explosion.</p> <p><b>Processi biochimici:</b> Fermentazione alcolica; Digestione aerobica; Digestione anaerobica; Estrazione oli vegetali e produzione di biodiesel.</p>



<p><b>Vantaggi e Svantaggi</b></p>	<p><b>V.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• possono sostituire integralmente i combustibili fossili, in quanto <b>riescono a riprodurre integralmente ciascuna tipologia di applicazione;</b></li> <li>• diffuse, stoccabili e non intermittenti;</li> <li>• unica fonte in grado di sostituire i combustibili per autotrasporto, abbattendo di molto l'inquinamento atmosferico (rimangono emissioni marginali legate al taglio, alla raccolta, alla movimentazione e al trasporto delle biomasse);</li> <li>• possibilità di utilizzare i rifiuti di altri processi di trasformazione e produzione come materia prima per la produzione di combustibili.</li> </ul> <p><b>S.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• inquinamento atmosferico legato alla produzione;</li> <li>• bassa densità energetica, derivante da un'elevata dispersione sul territorio;</li> <li>• sottrazione di suoli agricoli;</li> </ul>
<p><b>Parametri di valutazione delle potenzialità del sito</b></p>	<p>Disponibilità di “materiale” di origine organica, sia vegetale e sia animale, derivante dall'attività di tre filiere rappresentative:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 “del legno” (Pellet e Cippato): essenze ad hoc, residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;</li> <li>2 “dell'agricoltura” (Pellet, Olio vegetale, Biodisel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;</li> <li>3 “ degli scarti e dei rifiuti” (Biogas e Termovalorizzazione)</li> </ol>
<p><b>Energia prodotta: elettrica, meccanica, termica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia termica, elettrica e meccanica.</li> <li>• In alcuni casi, combustibili per i veicoli.</li> </ul>
<p><b>Potenza (Kg o l o m<sup>3</sup>/kWp) – Producibilità (kWh/anno)</b></p>	<p>Il potere calorifico di quasi tutte le biomasse e i biogas oggi disponibili garantisce livelli di potenza sostanzialmente in linea con le fonti fossili: metano, gpl e gasolio.</p>
<p><b>Scala minima e massima degli impianti: integrabilità nell'ambiente costruito, economia di scala, effetti diretti ed indiretti.</b></p>	<p>La varietà tipologica e dimensionale di queste tecnologie, insieme alla volontà collettiva di utilizzo delle diverse biomasse e biogas oggi disponibili, rappresentano la concreta possibilità di sostituzione in toto delle fonti fossili convenzionali utilizzate, quantomeno per il riscaldamento domestico: basta dare un sguardo al passato.</p>

<b>Costi di approvvigionamento, trasformazione e manutenzione (€/kWh)</b>	Il costo unitario delle biomasse è perfettamente in linea con i prezzi di mercato del metano, del gpl e del gasolio. L'unica differenza sostanziale sta nella facilità d'uso e disponibilità dei diversi combustibili.
<b>Incentivi e Tempi di ritorno dell'investimento</b>	<p><b><u>Incentivi:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>&lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh</b> prodotto * 15 anni, per impianti legati a <b>Biogas e Biomasse</b> ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); <b>18 c€/kWh</b> prodotto * 15 anni, per impianti legati a <b>Gas di discarica, gas residuali</b> (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). <b>Dopo Scambio sul posto e Ritiro dedicato GSE.</b></li> <li>• <b>200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh</b> prodotto * 15 anni, per impianti legati a <b>Biogas e Biomasse</b> ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); <b>18 c€/kWh</b> prodotto * 15 anni, per impianti legati a <b>Gas di discarica, gas residuali</b> (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). <b>Dopo solo scambio sul posto.</b></li> <li>• <b>1 MW – Certificati Verdi (CV):</b> Potenza impianto * valore titolo per MW * <b>coefficiente moltiplicatore K pari a 1,8</b>, per Biomasse e Biogas prodotti da attività agricola, allevamento e foresta da filiera corta; 1,3, per i rifiuti biodegradabili e le biomasse diverse da quelle prima indicate).</li> </ul> <p><b>I tempi di ritorno dell'investimento variano tra i 4 e gli 8 anni</b>, a seconda della tecnologia scelta, della scala dell'intervento.</p>

La tabella che segue ha una doppia finalità operativa:

- Raccogliere e sistematizzare le informazioni necessarie per una prima, grossolana, ma efficace, valutazione delle caratteristiche peculiari di ciascuna Fonte Energetica Rinnovabile.
- Confrontare le diverse FER per orientare strategicamente le politiche energetiche, in particolare in relazione alla diffusione dell'uso delle Fonti Energetiche Rinnovabili.

### 3.2.11 Tabella riepilogativa: sintesi e confronto delle FER

FONTE/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	<p><b>A vapore secco o dominante</b></p> <p><b>A vapore umido o ad acqua dominante</b></p> <p><b>Ad acqua calda</b></p> <p><b>Sistemi in rocce calde secche</b></p> <p><b>Magmatici</b></p> <p><b>Geopressurizzati</b></p> <p><b>Sistemi a bassa entalpia</b></p>	Vento	Idroelettrica	<p><b>Processi termochimici:</b> combustione diretta; gassificazione; Carbonizzazione; Pirolisi; Steam Explosion.</p> <p><b>Processi biochimici:</b> Fermentazione alcolica; Digestione aerobica; Digestione anaerobica; Estrazione oli vegetali e produzione di biodiesel.</p>
VANTAGGI E SVANTAGGI	<p><b>V.:</b> modularità; manutenzione necessaria minima; assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo; impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</p> <p><b>S.:</b> bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici; intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte; alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso)).</p>	<p><b>V.:</b> modularità; manutenzione necessaria minima; assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo; impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</p> <p><b>S.:</b> bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici; intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte; alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso)).</p>	<p><b>V.:</b> affidabilità ed efficienza garantiti nel tempo; gli impianti geotermici possono essere, con grande facilità, affiancati in maniera modulare e soddisfare, conseguentemente, fabbisogni energetici crescenti; in presenza di temperature sufficientemente elevate, la geotermia può essere sfruttata per produrre in maniera combinata energia elettrica e calore.</p> <p><b>S.:</b> impatti ambientali non trascurabili, legati ai fluidi geotermici portati in superficie, se rilasciati nell'ambiente; <b>paesaggistico; sonoro:</b> notevole nella fase di trivellazione dei pozzi, per poi ridursi nella fase di esercizio della centrale.</p>	<p><b>V.:</b> disponibile anche di notte, nelle giornate nuvolose e non risente della latitudine; emissioni inquinanti nulle nella fase di produzione di energia, e minime nelle fasi di realizzazione e assemblaggio dell'impianto, il trasporto e l'attrezzatura dell'area; economicamente competitività rispetto al costo del kw/h con le fonti convenzionali;</p> <p><b>S.:</b> impatti acustico (disturbo generato dalla rotazione delle pale); visivo e sulla modifica del paesaggio (fortemente discrezionale e discutibile se paragonato alle alternative); sull'avifauna (anch'esso discutibile se paragonato ad altri impatti legati ad esempio ai tralicci); sulle telecomunicazioni (interferenze radio-televisive) e disturbi elettromagnetici.</p>	<p><b>V.:</b> produzione di energia a costi molto bassi e competitivi rispetto alle fonti fossili; gli impianti di piccola taglia consentono di utilizzare corsi d'acqua di modeste dimensioni e richiede costruzioni di dimensioni marginali e di basso impatto sul territorio. Inoltre i costi di realizzazione e manutenzione degli impianti sono contenuti, anche se il costo dell'elettricità prodotta è, ovviamente, superiore rispetto a quello delle grandi centrali.</p> <p><b>S.:</b> forte impatto ambientale degli impianti di grande taglia;</p>	<p><b>V.:</b> possono sostituire integralmente i combustibili fossili in quanto <b>riescono a riprodurre integralmente ciascuna tipologia di applicazione;</b> diffusi, stoccabili e non intermittenti; unica fonte in grado di sostituire i combustibili per autotrasporto abbattendo di molto l'inquinamento atmosferico (rimangono emissioni marginali legate al taglio, alla raccolta, alla movimentazione e al trasporto delle biomasse); possibilità di utilizzare i rifiuti di altri processi di trasformazione e produzione come materia prima per la produzione di combustibili.</p> <p><b>S.:</b> inquinamento atmosferico legato alla produzione; bassa densità energetica, derivante da un'elevata dispersione sul territorio; sottrazione di suoli agricoli;</p>
PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DEL SITO	<p>Radiazione solare incidente sul sito d'installazione;</p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostacolazione</p>	<p>Localizzazione dell'impianto, ovvero coordinate geografiche del sito;</p> <p>Pendenza e orientamento dei pannelli;</p> <p>Disponibilità di superfici per l'installazione;</p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostacolazione</p>	<p>Geomorfologia del suolo e andamento del gradiente termico del terreno;</p> <p>Assenza/Presenza di acque ad alta temperatura</p>	<p>La potenza estraibile dal vento cresce all'aumentare della velocità del vento e dell'area spazzata dalle pale dell'aerogeneratore; dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del luogo.</p> <p>Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile conoscere le ORE EQUIVALENTI annue di funzionamento alla potenza nominale, tale parametro è determinato da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> <li>• Curva di durata della velocità del vento.</li> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> </ul>	<p><b>Presenza di corsi d'acqua: Portata; Velocità; Altezza del "salto".</b></p> <p>Per il dimensionamento di una centrale idroelettrica è estremamente importante determinare la <b>curva di durata della portata (Flow Duration Curve, FDC)</b>. La curva mostra il periodo di tempo durante il quale la portata è uguale o superiore ad un certo valore nella sezione considerata.</p>	<p>Disponibilità di "materiale" di origine organica sia vegetale, sia animale, derivante dall'attività di tre filiere rappresentative:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. "del legno" (Pellet e Cippato): essenze ad hoc; residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;</li> <li>5. "dell'agricoltura" (Pellet, Olio vegetale, Biodiesel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;</li> <li>6. "degli scarti e dei rifiuti" (Biogas e Termovalorizzazione):</li> </ol>
ENERGIA PRODOTTA: ELETTRICA, MECCANICA, TERMICA	Elettrica	Termica (Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Acque di processo); Elettrica (solare termodinamico)	Termica, ma anche Elettrica se la temperatura dei fluidi geotermici è elevata ( 90-100 °C in su)	Elettrica	Elettrica	Energia termica, elettrica e meccanica. In alcuni casi combustibili per i veicoli.

FONTE/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	Geotermia	Vento	Idroelettrica	Processi termochimici e biochimici
<b>POTENZA (M<sup>2</sup>/KWP) – PRODUCIBILITÀ (KWH/ANNO)</b>	In media circa <b>8 mq per kWp</b> . Un <b>impianto da 1 kW di potenza nominale</b> , con orientamento ed inclinazione ottimali ed assenza di ombreggiamento, non dotato di dispositivo di "inseguimento" del sole, ha le seguenti <b>producibilità annue massime</b> : <b>regioni settentrionali 1.000 - 1.300 kWh/anno;</b> <b>regioni centrali 1.200 - 1.400 kWh/anno;</b> <b>regioni meridionali 1.400 - 1.700 kWh/anno.</b>	Considerando un fabbisogno medio di acs pari a 50 l/persona/giorno e un'ideale installazione di un pannello solare piano (orientato verso sud con inclinazione di 30°) occorreranno 1,2 m <sup>2</sup> al Nord, 1 m <sup>2</sup> al Centro e 0,8 m <sup>2</sup> al Sud Italia. Se oltre all'acs vogliamo utilizzare i pannelli solari per il riscaldamento dovremo considerare valori variabili, in funzione della localizzazione (Nord, Centro o Sud) e dell'installazione (direzione e inclinazione), da 1,5 a 3 m <sup>2</sup> /kWp di potenza nominale installata per il riscaldamento dell'edificio.	La producibilità dipende dalla dimensione delle risorse tecnicamente ed economicamente sfruttabili e dalla temperatura dei fluidi di scambio (aria, acqua).	Da qualche kW del microeolico a molti GW delle "fattorie" eolico "offshore".	Da 0,2 kW a decina di MW - micro impianti (P inferiore a 100 kW); - mini impianti (P tra 100 kW e 1 MW); - piccoli impianti (P tra 1 e 10 MW); - grandi impianti (P superiore a 10 MW).  La Producibilità teorica in Italia sarebbe di circa 200 TWh/anno (Fonte ERSE). La quota realmente sfruttabile è stimata intorno al 25% di questo valore, ovvero 50 TWh/anno pari al 15% del consumo nazionale di energia elettrica (Fonte GSE).	Il potere calorifico di quasi tutte le biomasse e i biogas oggi disponibili garantiscono livelli di potenza sostanzialmente in linea con le fonti fossili: metano, gpl e gasolio.
<b>SCALA MINIMA E MASSIMA DEGLI IMPIANTI: INTEGRABILITÀ NELL'AMBIENTE COSTRUITO, ECONOMIA DI SCALA, EFFETTI DIRETTI ED INDIRETTI.</b>	Da <b>qualche Watt a centinaia di MW</b> .  Di relativa <b>facile integrabilità</b> ma caratterizzata da <b>bassi rendimenti</b> (max 20%)	Da pochi kWp a alcuni Gwp per i grossi impianti termodinamici. Integrabilità massima nell'ambiente costruito con buoni rendimenti (60-80%), funzionano anche in assenza di radiazione solare diretta. Possono sostituire carichi elettrici (Condizionatori, Scaldini, ecc) che hanno importanti ricadute sulla bolletta energetica e abbattere notevolmente l'inquinamento atmosferico e termico (isola di calore) a carico dei nostri insediamenti.	Dalla pompa di calore da poche decine di KW termici alle centrali di qualche GW termico. Per quanto riguarda l'integrabilità in ambiente urbano, facciamo riferimento all'energia geotermica a "bassa entalpia": la <b>pompa di calore</b> , è un elettrodomestico paragonabile, per dimensioni, ad un comune frigorifero, pertanto può essere posizionato in un normale contesto abitativo. <b>Le sonde geotermiche</b> , invece, hanno bisogno di spazio in relazione alla loro tipologia: un impianto a sonde <b>verticali</b> (o che sfrutta l'acqua come sorgente termica) necessita dello spazio necessario al passaggio e alla movimentazione dei macchinari che effettuano la perforazione. Il foro all'interno del terreno è di 14-20 cm di diametro e non comporta particolari vincoli a seguito della perforazione. Un impianto a sonde <b>orizzontali</b> necessita di uno spazio necessario alla posa in opera delle tubazioni da interrare, che può essere pari o circa il doppio dell'area abitabile da riscaldare. Ogni opzione impiantistica ha dunque bisogno di una sua verifica specifica per la posa, specie in contesti già urbanizzati o in cantieri già attivi.	Tra le tecnologie rinnovabili è certamente quella che trova i maggiori ostacoli, a volte puramente ideologici, nell'utilizzo a scala urbana. Da alcuni anni le ricerche sull'eolico stanno cercando di dare una risposta ai limiti applicativi delle turbine eoliche. Si possono individuare due tendenze in atto, appartenenti a due filoni di applicazione molto diversi tra loro: - lo sviluppo di turbine eoliche <i>offshore</i> , al largo della costa; - l'integrazione dell'eolico nell'ambiente costruito. Per entrambi i casi c'è la convinzione che è necessario sfruttare al meglio lo spazio naturale e artificiale esistente, cercando di mantenere l'impatto ambientale il più basso possibile. L'impatto ambientale è, infatti, il punto più critico: il rumore delle pale, l'estetica delle turbine e l'impatto con la fauna sono gli ostacoli principali da superare per rendere accettabili le turbine eoliche. La ricerca di una integrazione accettabile è stimolata dall'interesse per i nuovi dispositivi, più integrabili nel paesaggio urbano e negli edifici; si stanno studiando, infatti, nuovi metodi di inserimento di piccoli dispositivi nell'architettura.	I notevoli sviluppi della tecnologia idroelettrica consentono oggi la minimizzazione di tutte le problematiche storicamente attribuite alla produzione di energia da fonte idrica: dall'impatto acustico alle gestione completamente automatizzata degli impianti.  È possibile ottenere una perfetta mimetizzazione/integrazione degli impianti. Un esempio su tutti la centrale del Cavaticcio a Bologna. Si tratta di un simbolo emblematico di come potrebbe essere riattivata tutta la rete di canali che ha dato lustro e ricchezza all'antica industria tessile bolognese.	La varietà tipologica e dimensionale di queste tecnologie, accoppiata alla volontà collettiva di utilizzo delle diverse biomasse e biogas oggi disponibili, rappresentano la concreta possibilità di sostituzione "in toto" delle fonti fossili convenzionali utilizzate quantomeno per il riscaldamento domestico: basta dare un sguardo al passato!
<b>COSTI DI APPROVVIGIONAMENTO, TRASFORMAZIONE E MANUTENZIONE (€/KWH)</b>	<b>11-17 €/kWh</b> (Fonte EPIA - Solar Generation 6)	Il Costo varia da <b>400 a 1000 €/m<sup>2</sup></b> in funzione della taglia dell'impianto. <b>Un impianto a pannelli piani</b> per la produzione di acs che copre il fabbisogno medio di una <b>famiglia di 4-5 persone</b> ha un costo variabile tra i <b>4000-6000 Euro</b> , in relazione al sito di ubicazione e alle specifiche condizioni di installazione).	Costo iniziale impianto pompa di calore-pannelli radianti 60% più elevato di un impianto convenzionale caldaia-radiatori. Costo di servizio impianto pompa di calore-pannelli radianti 30% più basso di un impianto convenzionale caldaia-radiatori. Altri vantaggi: maggior confort abitativo, gradiente termico uniforme; maggiori spazi e libertà nell'arredo, legati all'assenza dei radiatori che ingombrano e, spesso, sono brutti da vedere.	Costo impianto mini eolico per taglie di potenza comprese tra 5 e 20 kWp varia tra 3.000,00€ e 5.000,00€. I costi di manutenzione ammontano a circa 200,00 €/anno, e quelli di esercizio a circa 50.00 €/anno.  Costo di produzione per le grandi "fattorie" off-shore: 6-7 €/kWh (Fonte EWEA - Wind Energy the facts 2009).	Il costo di un impianto può variare moltissimo a seconda delle condizioni geomorfologiche e delle altre caratteristiche del luogo di installazione. <b>Costo unitario di investimento: da 1.500 a 7.000 €/kW</b> <b>Costi operativi: 2-3% del costo di investimento</b> <b>Costi di produzione: 4-11c€/kW per impianti micro, mini e piccoli; 2-4 c€/kW per impianti grandi.</b>	Il costo unitario delle biomasse è perfettamente in linea con i prezzi di mercato del metano, del gpl e del gasolio. L'unica differenza sostanziale sta nella facilità d'uso e disponibilità dei diversi combustibili.

FONTE/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	Geotermia	Vento	Idroelettrica	Processi termochimici e biochimici
<b>INCENTIVI E TEMPI DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO</b>	<p>Incentivi "Quarto Conto Energia": da 0,297 a 0,402 €/kWh)</p> <p>Tempi di ritorno: da un minimo di 7 (con incentivi) ad un massimo di 15 anni (senza incentivi)</p>	<p>Detrazione d'imposta del 55%</p> <p>IVA agevolata del 10%.</p> <p>Tempi di ritorno: 3-8 anni</p>	<p>Per le Pompe di Calore, Detrazione d'imposta del 55%</p> <p>IVA agevolata del 10%.</p> <p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</p> <p>&gt; 1 mW – Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 0,9.</p> <p>Il tempo di ritorno varia da circa 6 anni (caso di un intervento di ristrutturazione con detrazione fiscale del 55%) a un massimo 15 anni, nel caso di una nuova costruzione.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 30 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW MW Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1. (1,5 per impianti "off-shore") * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</p> <p>Il tempo di ritorno dell'investimento è tra i 3 e i 5 anni.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. Dopo solo scambio sul posto.</p> <p>&gt; 1 MW – Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1 (1,8 moto ondoso e maremotrice).</p> <p>Il tempo di ritorno dell'investimento è tra i 10 e i 20 anni.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Biogas e Biomasse ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); 18 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Gas di discarica, gas residuali (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Biogas e Biomasse ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); 18 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Gas di discarica, gas residuali (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). Dopo solo scambio sul posto.</p> <p>&gt; 1 MW – Certificati Verdi (CV): Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1,8, per Biomasse e Biogas prodotti da attività agricola, allevamento e foresta da filiera corta; 1,3, per i rifiuti biodegradabili e le biomasse diverse da quelle prima indicate).</p> <p>I tempi di ritorno dell'investimento variano tra i 4 e gli 8 anni, a seconda della tecnologia scelta, della scala dell'intervento.</p>



## **4 CONCLUSIONI: ELEMENTI PER UNA GESTIONE URBANA ENERGETICAMENTE EFFICIENTE**

### **4.1 L'analisi delle capacità energetiche del territorio.**

L'integrazione della materia energetica negli strumenti di governo del territorio parte da un presupposto imprescindibile: è fondamentale poter disporre di un quadro conoscitivo - reale e completo - del territorio da governare.

La conoscenza del sito e, quindi, di conseguenza l'analisi che la determina, rappresentano la base di partenza per poter individuare i consumi di energia, l'offerta esistente e quella potenziale. Inoltre, non basterà analizzare solo i parametri tecnici, ma sarà altrettanto importante indagare determinate condizioni, che talvolta non vengono valutate oppure vengono considerate secondarie, ma che nei fatti risultano essere determinanti per un'analisi utile.

Tra i documenti preliminari alla formazione dei Piani Urbanistici, c'è già un Quadro Conoscitivo contenente una parte significativa delle informazioni e dei dati necessari per eseguire l'auditing energetico del territorio, quindi una prima fondamentale dimostrazione della reale volontà di integrare i Piani Energetici in quelli Urbanistici, potrebbe e dovrebbe riguardare la predisposizione di un unico quadro conoscitivo.

Si tratta quindi di approfondire l'analisi del quadro conoscitivo del PSC/PRG, indagando i parametri per definire la capacità energetica del territorio disciplinato.

Come detto, l'auditing energetico del territorio dovrà acquisire tutti i dati utili a valutare il fabbisogno (la domanda) ed il potenziale energetico (l'offerta) del territorio, ma anche le informazioni necessarie per delineare i "domini" operativi (dove e sotto quali condizione si può operare).

Rispetto all'articolazione classica<sup>[19]</sup>, il nuovo quadro conoscitivo, allargato alla conoscenza energetica del territorio in esame, dovrà integrare il sistema energetico e ampliare il sistema ambientale.

In particolare nel **sistema energetico** dovranno essere ricomprese: l'analisi del fabbisogno energetico del territorio, della produzione locale di energia, delle emissioni di gas climalteranti.

Al **sistema ambientale dovranno aggiungersi**: la valutazione della disponibilità e della potenzialità delle risorse rinnovabili, lo studio del contesto climatico ed ambientale.

**Inoltre a completamento del sistema della pianificazione, il quadro prescrittivo dovrà contenere anche le norme in materia energetica.**

**Completeranno il quadro conoscitivo**: l'analisi delle reti di distribuzione e delle problematiche di stoccaggio; l'esame dello *status quo* dell'uso delle fonti rinnovabili,

delle tecnologie esistenti e della loro integrazione; la valutazione di nuove possibili combinazioni tecnologiche.

Secondo le linee guida *Come sviluppare un piano di azione per l'energia sostenibile – PAES*, per individuare e definire le migliori azioni da implementare attraverso un Piano Energetico, è fondamentale partire da un accurato **studio** del fabbisogno energetico espresso dal sito di riferimento, ovvero dall'analisi **della domanda** articolata per vettore (energia elettrica, termica o meccanica) e per settore (residenziale, produttivo, terziario) **e dell'offerta, legata alla produzione locale di energia**. I risultati di tale analisi consentono di quantificare l'impatto sul clima generato dalle emissioni di gas serra, ed in particolare di quantificare le emissioni di CO<sub>2</sub>.

I dati necessari per quantificare domanda e offerta di energia possono essere recuperati mediante una procedura diretta, che potrà riguardare:

- l'acquisizione dei consumi attraverso le società di fornitura dei servizi energetici ed idrici o direttamente dalle bollette delle utenze.
- la somministrazione di questionari o di interviste agli utilizzatori, per raccogliere informazioni sui dati termici ed elettrici delle utenze, sul periodo di funzionamento e sulla tipologia di impianti, sulle caratteristiche fisiche e tecnologiche degli edifici e sulla loro epoca di costruzione.

Oppure attraverso una procedura indiretta che, mediante l'utilizzo dei GIS (*Geographical Information System*), di dati catastali e/o di software, permette la raccolta dei dati (destinazione d'uso, caratteristiche geometriche degli edifici e loro ubicazione sul territorio) che non è stato possibile acquisire direttamente e, quindi, il completamento di una banca dati necessaria per esprimere il fabbisogno energetico complessivo del territorio oggetto d'indagine.

#### ***Il fabbisogno energetico per settore/vettore***

L'inquadramento energetico deve innanzitutto quantificare il fabbisogno energetico attuale del territorio. Tuttavia la conoscenza del solo consumo globale annuo non è esaustiva, infatti per suggerire strategie e priorità di intervento efficaci, è necessario che la banca dati sia articolata in modo da poter organizzare e valutare i consumi dei diversi vettori energetici per ciascun macrosettore di impiego. La domanda di energia del territorio deve essere dunque ripartita per settore e per vettore.

I campi di analisi solitamente individuati riguardano i seguenti macro settori: il settore civile/residenziale, il settore terziario/servizi, il settore industriale, il settore dei trasporti, il settore agricolo. L'individuazione di tali campi dovrebbe comunque essere settata sia alla disponibilità e alla consistenza dei dati, sia alle peculiarità e



alle caratteristiche dell'area, sia alle reali necessità di indagare criticità specifiche del territorio in esame (*Strumenti e Concetti di Pianificazione Energetica Locale – Manuale Metodologico per lo Sviluppo di Sistemi e Comunità Energeticamente Sostenibili nelle aree urbane del Mediterraneo*, progetto europeo EASY – Energy Actions & SYstems, 2009, [www.easyaction.eu](http://www.easyaction.eu), 12/04/2011).

La tabella 4.1.1, a doppia entrata, mostra un esempio di organizzazione dell'analisi dei consumi suddivisa per settori e vettori.

CONSUMI		VETTORI			TOTALE
		E. termica	E. elettrica	E. meccanica	
SETTORI	Civile/Residenziale				
	Terziario/Servizi				
	Industriale				
	Trasporti				
	Agricoltura				
TOTALE					

Tabella 4.1.1: Analisi dei consumi per settore/vettore (rielaborata da libro *Strumenti e Concetti di Pianificazione Energetica Locale – Manuale Metodologico per lo Sviluppo di Sistemi e Comunità Energeticamente Sostenibili nelle aree urbane del Mediterraneo*, progetto europeo EASY – Energy Actions & SYstems, 2009, [www.easyaction.eu](http://www.easyaction.eu), 12/04/2011).

Una tabella così articolata rende facilmente visualizzabili i fabbisogni energetici sia totali che suddivisi per settore e per vettore. Inoltre permette di individuare i settori strettamente dipendenti da un solo vettore energetico e, dunque, maggiormente vulnerabili. L'analisi organizzata attraverso tale tabella rappresenta una fondamentale base conoscitiva per la pianificazione energetica del territorio.

#### **Produzione energetica locale**

Dopo la domanda dovrà essere valutata l'offerta, ovvero la produzione di energia sul territorio. Per questo bisognerà raccogliere informazioni sulla quantità di energia prodotta localmente e sulle modalità con cui essa viene generata, da fonti fossili o rinnovabili.

La quantità di energia prodotta esprime la "vulnerabilità" energetica del territorio, ovvero la sua dipendenza dagli "approvvigionatori" esterni.

La modalità produttiva misura la suddivisione di quantità di energia prodotta da impianti alimentati sia da fonti rinnovabili che da fonti fossili.

L'analisi della produzione energetica prevede il censimento degli impianti presenti che incidono significativamente sulla dipendenza energetica del territorio, di tali impianti devono essere raccolte le seguenti informazioni:

- localizzazione sul territorio
- taglia dimensionale
- tipo di alimentazione
- quantità e tipologia di energia prodotta (elettrica, termica, meccanica)

#### ***Dipendenza energetica e bilancio delle emissioni climalteranti***

Sottraendo al fabbisogno energetico la produzione energetica locale si ottiene l'indice di dipendenza energetica del territorio, espresso come rapporto percentuale tra le importazioni nette di energia (saldo import/export) e i consumi primari (*Strumenti e Concetti di Pianificazione Energetica Locale – Manuale Metodologico per lo Sviluppo di Sistemi e Comunità Energeticamente Sostenibili nelle aree urbane del Mediterraneo*, progetto europeo EASY – Energy Actions & SYstems, 2009, [www.easyaction.eu](http://www.easyaction.eu), 12/04/2011).

Nell'ottica di un approccio sostenibile olistico, l'analisi energetica deve essere completata dalla valutazione delle emissioni climalteranti. Tale valutazione dovrà attribuire al territorio sia le emissioni dei gas serra legate al consumo dell'energia sia quelle legate alla produzione della stessa (anche se tale produzione non avviene localmente). Infine al totale delle emissioni associate al consumo di energia vanno detratte quelle legate al consumo di energia rinnovabile utilizzata o prodotta sul territorio.

Come precedentemente descritto, per completare il quadro conoscitivo del Piano Urbanistico rendendolo adatto alla definizione del Piano Energetico, è importante arricchire le informazioni sul sistema ambientale, integrando quelle necessarie per valutare la disponibilità e le potenzialità del territorio rispetto all'uso delle fonti energetiche rinnovabili. Tali informazioni saranno raccolte mediante l'inquadramento del contesto ambientale, climatico e territoriale: **l'analisi del sito**.

L'analisi del sito permette di evidenziare le caratteristiche del territorio e del suo tessuto sociale ed economico, ed è funzionale al settaggio dell'intero percorso di diagnosi energetica.

Per inquadrare e descrivere il sito è importante raccogliere le seguenti informazioni:

- **assetto socio-economico**: le principali funzioni (residenza, attività industriali, artigianali, direzionali, commerciali, turistico-ricettive ed i pubblici esercizi, i servizi e le attrezzature di uso pubblico) e il loro mix;

- **conformazione geomorfologica del territorio:** estensione, area pianeggiante, collinare, montuosa; area costiera, interna, isola; principali corsi d'acqua;
- **distribuzione e carico demografico:** numero abitanti, densità abitativa (centro storico, periferia, area rurale, ecc.);
- **localizzazione:** coordinate geografiche (altezza s.l.m., latitudine e longitudine), vicinanza al mare, laghi, fiumi;
- **specificità ambientali, archeologiche, paesaggistiche e storico-culturale:** fasce di rispetto; area di interesse naturalistico; area facente parte di un Parco, ecc.;
- **clima locale:**
  - temperature medie minime e massime [°C];
  - umidità medie relativa e assoluta [%];
  - intensità [kW/m<sup>2</sup>] e durata [ore/giorno] della radiazione solare (funzione della latitudine, della stagione e della durata del giorno, ma anche delle conformazione geomorfologia del territorio);
  - quantità e frequenza delle precipitazioni [mm];
  - vento (velocità [m/s], direzione, intensità, durata [ore/anno], fenomeni di picco);
  - nuvolosità (modello di cielo);
  - vicinanza a grosse masse di acqua;
  - copertura superficiale (albedo).

Per eseguire un'analisi accurata di questi dati è importante poter disporre delle medie mensili, dei valori limite e delle serie storiche.

I dati per l'analisi del clima igrotermico e delle precipitazioni possono essere ricavati dalle seguenti fonti:

- Centraline agrometeorologiche situate in prossimità della zona di analisi;
- CNR, Progetto Finalizzato Energetica, *Dati climatici per la progettazione edile ed impiantistica*, Appendice 1 alla *Guida al controllo energetico della progettazione – Sottoprogetto Risparmio di energia nel riscaldamento degli edifici* (RERE), Edizioni CNR, Roma, 1982;
- ENEA, Ente per le nuove tecnologie, l'energia e l'ambiente, *Profilo climatico dell'Italia*, edito dall'ENEA, Roma, 1999;
- dati rilevati dalle stazioni meteorologiche dell'Aeronautica Militare, situate presso gli aeroporti e pubblicati dall'Istat (Annuali di statistiche ambientali e meteorologiche), dati del Servizio meteorologico dell'ARPA, cartografie tecniche e tematiche regionali, ecc.;
- UNI 10349, *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati Climatici*, aprile 1994.

È importante evidenziare che **nei nuovi Regolamenti Urbanistico Edilizi che utilizzano l'approccio esigenzial-prestazionale, l'analisi del sito sopra descritta rappresenta il pre-requisito che i RUE definiscono imprescindibile a garantire la coerenza delle scelte progettuali con le peculiarità ambientali e climatiche dell'intervento.**

L'obiettivo principale dell'analisi del sito nell'ambito della pianificazione energetico-ambientale è la valutazione della potenzialità dell'applicazione delle risorse rinnovabili sul territorio.

Perciò per ogni FER potenzialmente sito-disponibile va eseguita la misura dei parametri caratterizzanti la fattibilità dell'attuazione e i limiti che ne condizionano e ne frenano la convenienza.

Nel presentare le diverse FER abbiamo evidenziato quali sono questi parametri, sintetizzati nella tabella 4.1.2 seguente:

Radiazione solare (S.Termico)	Radiazione solare (S.Fotovoltaico)	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse - Biogas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiazione solare incidente sul sito d'installazione;</li> <li>• Disponibilità, pendenza e orientamento di superfici per l'installazione;</li> <li>• Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiazione solare incidente sul sito d'installazione;</li> <li>• Disponibilità, pendenza e orientamento di superfici per l'installazione;</li> <li>• Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geomorfologia del suolo e andamento del gradiente termico del terreno;</li> <li>• Assenza/Presenza di acque ad alta temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> <li>• Curva di durata della velocità del vento.</li> <li>• Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> <li>• Densità dell'aria,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenza di corsi d'acqua;</li> <li>• Portata;</li> <li>• Velocità;</li> <li>• Altezza del "salto".</li> </ul>	<p>Disponibilità di "materiale" di origine organica sia vegetale, sia animale, derivante dall'attività di tre filiere rappresentative:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. "del legno" (Pellet e Cippato): essenze ad hoc; residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;</li> <li>2. "dell'agricoltura" (Pellet, Olio vegetale, Biodisel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;</li> <li>3. "degli scarti e dei rifiuti" (Biogas e Termovalorizzazione).</li> </ol>

Tab. 4.1.2 FER: parametri per la valutazione delle potenzialità di un sito.

**4.2 Confronto delle FER con i risultati dell’audit del sito: la base per una prima scelta del mix energetico ottimale.**

Il percorso sopra descritto inizia evidenziando l’importanza dell’integrazione della variabile energetica negli strumenti di governo del territorio, processo lentamente avviato, ma lontano dal concretizzarsi; prosegue nella valutazione di tutte le Fonti Energetiche Rinnovabili (FER), oggi tecnicamente ed economicamente sostenibili, competitive rispetto alle Fonti Fossili convenzionali; e si chiude con la descrizione delle operazioni necessarie per eseguire la diagnosi energetica di un territorio.

Dal confronto dei risultati della diagnosi energetica con le peculiarità che caratterizzano le varie FER e la loro applicazione alle diverse scale dimensionali e ai diversi ambiti territoriali, è possibile ottenere una prima, seppur grossolana, valutazione delle reali potenzialità di implementare le tecnologie rinnovabili, scegliere quali fonti e in che quantità utilizzare. È possibile esprimere un seppur approssimato, livello di prestazione o di performance energetica raggiungibile da ogni territorio.







L’immagine che segue mostra l’impostazione di una possibile matrice che integrando le caratteristiche delle diverse FER, oggi disponibili, con i parametri caratteristici di un sito, fornisce il livello prestazionale sito-attendibile per ciascuna fonte. Normalizzando in energia primaria (Tep) i diversi livelli prestazionali, è possibile operare un confronto visivo simultaneo delle diverse combinazioni “fonte energetica-sito”.

FONTE/I	Radiazione solare (S.Termico)	Radiazione solare (S.Fotovoltaico)	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse - Biogas
TECNOLOGIA/E						
VANTAGGI E SVANTAGGI						
COSTI DI APPROVVIGIONAMENTO, TRASFORMAZIONE E MANUTENZIONE (€/KWH)						
INCENTIVI E TEMPI DI RITORNO DELL’INVESTIMENTO						
INTERVENTO: RISULTATI AUDITING ENERGETICO DEL TERRITORIO						
PRESTAZIONE:						

FONTE/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	<p><b>A vapore secco o dominante</b></p> <p><b>A vapore umido o ad acqua dominante</b></p> <p><b>Ad acqua calda</b></p> <p><b>Sistemi in rocce calde secche</b></p> <p><b>Magmatici</b></p> <p><b>Geopressurizzati</b></p> <p><b>Sistemi a bassa entalpia</b></p>	Vento	Idroelettrica	<p><b>Processi termochimici:</b> combustione diretta; gassificazione; Carbonizzazione; Pirolisi; Steam Explosion.</p> <p><b>Processi biochimici:</b> Fermentazione alcolica; Digestione aerobica; Digestione anaerobica; Estrazione oli vegetali e produzione di biodiesel.</p>
VANTAGGI E SVANTAGGI	<p><b>V.:</b> modularità; manutenzione necessaria minima; assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo; impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</p> <p><b>S.:</b> bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici; intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte; alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso)).</p>	<p><b>V.:</b> modularità; manutenzione necessaria minima; assenza di inquinamento di tipo acustico, termico, né di altro tipo; impatto ambientale molto basso: non vi sono parti in movimento e soprattutto non si brucia alcun tipo di combustibile.</p> <p><b>S.:</b> bassa densità con conseguente necessità di occupare estese superfici; intermittenza produttiva (o alternanza periodica: alternanze delle stagioni, del giorno e della notte; alternanze casuali, particolari situazioni climatiche (cielo sereno/cielo nuvoloso)).</p>	<p><b>V.:</b> affidabilità ed efficienza garantiti nel tempo; gli impianti geotermici possono essere, con grande facilità, affiancati in maniera modulare e soddisfare, conseguentemente, fabbisogni energetici crescenti; in presenza di temperature sufficientemente elevate, la geotermia può essere sfruttata per produrre in maniera combinata energia elettrica e calore.</p> <p><b>S.:</b> impatti ambientali non trascurabili, legati ai fluidi geotermici portati in superficie, se rilasciati nell'ambiente; <b>paesaggistico, sonoro:</b> notevole nella fase di trivellazione dei pozzi, per poi ridursi nella fase di esercizio della centrale.</p>	<p><b>V.:</b> disponibile anche di notte, nelle giornate nuvolose e non risente della latitudine; emissioni inquinanti nulle nella fase di produzione di energia, e minime nelle fasi di realizzazione e assemblaggio dell'impianto, il trasporto e l'attrezzatura dell'area; economicamente competitività rispetto al costo del kw/h con le fonti convenzionali;</p> <p><b>S.:</b> impatti acustico (disturbo generato dalla rotazione delle pale); visivo e sulla modifica del paesaggio (fortemente discrezionale e discutibile se paragonato alle alternative); sull'avifauna (anch'esso discutibile se paragonato ad altri impatti legati ad esempio ai tralicci); sulle telecomunicazioni (interferenze radio-televisive) e disturbi elettromagnetici.</p>	<p><b>V.:</b> produzione di energia a costi molto bassi e competitivi rispetto alle fonti fossili; gli impianti di piccola taglia consentono di utilizzare corsi d'acqua di modeste dimensioni e richiede costruzioni di dimensioni marginali e di basso impatto sul territorio. Inoltre i costi di realizzazione e manutenzione degli impianti sono contenuti, anche se il costo dell'elettricità prodotta è, ovviamente, superiore rispetto a quello delle grandi centrali.</p> <p><b>S.:</b> forte impatto ambientale degli impianti di grande taglia;</p>	<p><b>V.:</b> possono sostituire integralmente i combustibili fossili in quanto <b>riescono a riprodurre integralmente ciascuna tipologia di applicazione</b>; diffusi, stoccabili e non intermittenti; unica fonte in grado di sostituire i combustibili per autotrasporto abbattendo di molto l'inquinamento atmosferico (rimangono emissioni marginali legate al taglio, alla raccolta, alla movimentazione e al trasporto delle biomasse); possibilità di utilizzare i rifiuti di altri processi di trasformazione e produzione come materia prima per la produzione di combustibili.</p> <p><b>S.:</b> inquinamento atmosferico legato alla produzione; bassa densità energetica, derivante da un'elevata dispersione sul territorio; sottrazione di suoli agricoli;</p>
PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE DELLE POTENZIALITÀ DEL SITO	<p>Radiazione solare incidente sul sito d'installazione;</p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostacoli</p>	<p>Localizzazione dell'impianto, ovvero coordinate geografiche del sito;</p> <p>Pendenza e orientamento dei pannelli;</p> <p>Disponibilità di superfici per l'installazione;</p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostacoli</p>	<p>Geomorfologia del suolo e andamento del gradiente termico del terreno;</p> <p>Assenza/Presenza di acque ad alta temperatura</p>	<p>La potenza estraibile dal vento cresce all'aumentare della velocità del vento e dell'area spazzata dalle pale dell'aerogeneratore; dipende inoltre dalla densità dell'aria, funzione delle caratteristiche condizioni meteo del luogo.</p> <p>Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile conoscere le ORE EQUIVALENTI annue di funzionamento alla potenza nominale, tale parametro è determinato da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> <li>Curva di durata della velocità del vento.</li> <li>Distribuzione di frequenza della velocità del vento.</li> </ul>	<p><b>Presenza di corsi d'acqua: Portata; Velocità; Altezza del "salto".</b></p> <p>Per il dimensionamento di una centrale idroelettrica è estremamente importante determinare <b>la curva di durata della portata (Flow Duration Curve, FDC)</b>. La curva mostra il periodo di tempo durante il quale la portata è uguale o superiore ad un certo valore nella sezione considerata.</p>	<p>Disponibilità di "materiale" di origine organica sia vegetale, sia animale, derivante dall'attività di tre filiere rappresentative:</p> <p>4. "del legno" (Pellet e Cippato): essenze ad hoc; residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;</p> <p>5. "dell'agricoltura" (Pellet, Olio vegetale, Biodiesel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;</p> <p>6. "degli scarti e dei rifiuti" (Biogas e Termovalorizzazione):</p>
ENERGIA PRODOTTA: ELETTRICA, MECCANICA, TERMICA	Elettrica	Termica (Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Acque di processo); Elettrica (solare termodinamico)	Termica, ma anche Elettrica se la temperatura dei fluidi geotermici è elevata ( 90-100 °C in su)	Elettrica	Elettrica	Energia termica, elettrica e meccanica. In alcuni casi combustibili per i veicoli.



FONTI/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	Geotermia	Vento	Idroelettrica	Processi termochimici e biochimici
<b>POTENZA (M<sup>2</sup>/KWp) – PRODUCIBILITÀ (KWH/ANNO)</b>	In media circa <b>8 mq per kWp</b> . Un <b>impianto da 1 kW di potenza nominale</b> , con orientamento ed inclinazione ottimali ed assenza di ombreggiamento, non dotato di dispositivo di "inseguimento" del sole, ha le seguenti <b>producibilità annue massime</b> : <b>regioni settentrionali 1.000 - 1.300 kWh/anno;</b> <b>regioni centrali 1.200 - 1.400 kWh/anno;</b> <b>regioni meridionali 1.400 - 1.700 kWh/anno.</b>	Considerando un fabbisogno medio di acs pari a 50 l/persona/giorno e un ideale installazione di un pannello solare piano, occorreranno 1,2 m <sup>2</sup> al Nord, 1 m <sup>2</sup> al Centro e 0,8 m <sup>2</sup> al Sud Italia. Se oltre all'acs vogliamo utilizzare i pannelli solari per il riscaldamento dovremo considerare valori variabili, in funzione della localizzazione (Nord, Centro o Sud) e dell'installazione (direzione e inclinazione), da 1,5 a 3 <b>m<sup>2</sup>/kWp di potenza nominale installata per il riscaldamento dell'edificio.</b>	La producibilità dipende dalla dimensione delle risorse tecnicamente ed economicamente sfruttabili e dalla temperatura dei fluidi di scambio (aria, acqua).	Da qualche kW del microeolico a molti GW delle "fattorie" eolico "offshore".	Da 0,2 kW a decina di MW - micro impianti (P inferiore a 100 kW); - mini impianti (P tra 100 kW e 1 MW); - piccoli impianti (P tra 1 e 10 MW); - grandi impianti (P superiore a 10 MW).  La Producibilità teorica in Italia sarebbe di circa 200 TWh/anno (Fonte ERSE). La quota realmente sfruttabile è stimata intorno al 25% di questo valore, ovvero 50 TWh/anno pari al 15% del consumo nazionale di energia elettrica (Fonte GSE).	Il potere calorifico di quasi tutte le biomasse e i biogas oggi disponibili garantiscono livelli di potenza sostanzialmente in linea con le fonti fossili: metano, gpl e gasolio.
<b>SCALA MINIMA E MASSIMA DEGLI IMPIANTI: INTEGRABILITÀ NELL'AMBIENTE COSTRUITO, ECONOMIA DI SCALA, EFFETTI DIRETTI ED INDIRETTI.</b>	Da <b>qualche Watt a centinaia di MW</b> .  Di relativa <b>facile integrabilità</b> ma caratterizzata da <b>bassi rendimenti</b> (max 20%)	Da pochi kWp a alcuni Gwp per i grossi impianti termodinamici. Integrabilità massima nell'ambiente costruito con buoni rendimenti (60-80%), funzionano anche in assenza di radiazione solare diretta. Possono sostituire carichi elettrici (Condizionatori, Scaldini, ecc) che hanno importanti ricadute sulla bolletta energetica e abbattere notevolmente l'inquinamento atmosferico e termico (isola di calore) a carico dei nostri insediamenti.	Dalla pompa di calore da poche decine di KW termici alle centrali di qualche GW termico. Per quanto riguarda l'integrabilità in ambiente urbano, facciamo riferimento all'energia geotermica a "bassa entalpia": la <b>pompa di calore</b> , è un elettrodomestico paragonabile, per dimensioni, ad un comune frigorifero, pertanto può essere posizionato in un normale contesto abitativo. <b>Le sonde geotermiche</b> , invece, hanno bisogno di spazio in relazione alla loro tipologia: un impianto a sonde <b>verticali</b> (o che sfrutta l'acqua come sorgente termica) necessita dello spazio necessario alla mobilità dei macchinari che effettuano la perforazione. Il foro all'interno del terreno è di 14-20 cm di diametro e non comporta particolari vincoli. Un impianto a sonde <b>orizzontali</b> necessita di uno spazio necessario alla posa in opera delle tubazioni da interrare, doppio rispetto all'area abitabile da riscaldare. Ogni opzione impiantistica ha dunque bisogno di una sua verifica specifica per la posa, specie in contesti già urbanizzati o in cantieri già attivi.	Tra le tecnologie rinnovabili è certamente quella che trova i maggiori ostacoli, a volte puramente ideologici, nell'utilizzo a scala urbana. Da alcuni anni le ricerche sull'eolico stanno cercando di dare una risposta ai limiti applicativi delle turbine eoliche. Si possono individuare due tendenze in atto, appartenenti a due filoni di applicazione molto diversi tra loro: - lo sviluppo di turbine eoliche <i>offshore</i> , al largo della costa; - l'integrazione dell'eolico nell'ambiente costruito. Per entrambi i casi c'è la convinzione che è necessario sfruttare al meglio lo spazio naturale e artificiale esistente, cercando di mantenere l'impatto ambientale il più basso possibile. L'impatto ambientale è, infatti, il punto più critico: il rumore delle pale, l'estetica delle turbine e l'impatto con la fauna sono gli ostacoli principali da superare per rendere accettabili le turbine eoliche. La ricerca di una integrazione accettabile è stimolata dall'interesse per i nuovi dispositivi, più integrabili nel paesaggio urbano e negli edifici; si stanno studiando, infatti, nuovi metodi di inserimento di piccoli dispositivi nell'architettura.	I notevoli sviluppi della tecnologia idroelettrica consentono oggi la minimizzazione di tutte le problematiche storicamente attribuite alla produzione di energia da fonte idrica: dall'impatto acustico alle gestione completamente automatizzata degli impianti.  È possibile ottenere una perfetta mimetizzazione/integrazione degli impianti. Un esempio su tutti la centrale del Cavaticcio a Bologna. Si tratta di un simbolo emblematico di come potrebbe essere riattivata tutta la rete di canali che ha dato lustro e ricchezza all'antica industria tessile bolognese.	La varietà tipologica e dimensionale di queste tecnologie, accoppiata alla volontà collettiva di utilizzo delle diverse biomasse e biogas oggi disponibili, rappresentano la concreta possibilità di sostituzione "in toto" delle fonti fossili convenzionali utilizzate quantomeno per il riscaldamento domestico: basta dare un sguardo al passato!
<b>COSTI DI APPROVVIGIONAMENTO, TRASFORMAZIONE E MANUTENZIONE (€/KWH)</b>	<b>11-17 €/kWh</b> (Fonte EPIA - Solar Generation 6)	Il Costo varia da <b>400 a 1000 €/m<sup>2</sup></b> in funzione della taglia dell'impianto. <b>Un impianto a pannelli piani</b> per la produzione di acs che copre il fabbisogno medio di una <b>famiglia di 4-5 persone</b> ha un costo variabile tra i <b>4000-6000 Euro</b> , in relazione al sito di ubicazione e alle specifiche condizioni di installazione).	Costo iniziale impianto pompa di calore-pannelli radianti 60% più elevato di un impianto convenzionale caldaia-radiatori. Costo di servizio impianto pompa di calore-pannelli radianti 30% più basso di un impianto convenzionale caldaia-radiatori. Altri vantaggi: maggior confort abitativo, gradiente termico uniforme; maggiori spazi e libertà nell'arredo, legati all'assenza dei radiatori che ingombrano e, spesso, sono brutti da vedere.	Costo impianto mini eolico per taglie di potenza comprese tra 5 e 20 kWp varia tra 3.000,00€ e 5.000,00€. I costi di manutenzione ammontano a circa 200,00 €/anno, e quelli di esercizio a circa 50.00 €/anno.  Costo di produzione per le grandi "fattorie" off-shore: 6-7 €/kWh (Fonte EWEA - Wind Energy the facts 2009).	Il costo di un impianto può variare moltissimo seconda delle condizioni geomorfologiche e delle altre caratteristiche del luogo di installazione. <b>Costo unitario di investimento: da 1.500 a 7.000 €/kW</b> <b>Costi operativi: 2-3% del costo di investimento</b> <b>Costi di produzione: 4-11c€/kW per impianti micro, mini e piccoli; 2-4 c€/kW per impianti grandi.</b>	Il costo unitario delle biomasse è perfettamente in linea con i prezzi di mercato del metano, del gpl e del gasolio. L'unica differenza sostanziale sta nella facilità d'uso e disponibilità dei diversi combustibili.

FONTE/I	Radiazione solare	Radiazione solare	Gradiente geotermico	Eolico	Acqua	Biomasse-Biogas
TECNOLOGIA/E	Fotovoltaico	Solare termico	Geotermia	Vento	Idroelettrica	Processi termochimici e biochimici
<p><b>INCENTIVI E TEMPI DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO</b></p>	<p>Incentivi "Quarto Conto Energia": da 0,297 a 0,402 €/kWh</p> <p>Tempi di ritorno: da un minimo di 7 (con incentivi) ad un massimo di 15 anni (senza incentivi)</p>	<p>Detrazione d'imposta del 55%</p> <p>IVA agevolata del 10%.</p> <p>Tempi di ritorno: 3-8 anni</p>	<p>Per le Pompe di Calore, Detrazione d'imposta del 55%</p> <p>IVA agevolata del 10%.</p> <p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 20 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</p> <p>&gt; 1 mW - <b>Cerificati Verdi (CV):</b> Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 0,9.</p> <p>Il tempo di ritorno varia da circa 6 anni (caso di un intervento di ristrutturazione con detrazione fiscale del 55%) a un massimo 15 anni, nel caso di una nuova costruzione.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 30 c€/kWh prodotto * 15 anni. Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</p> <p>&gt; 200 kW MW <b>Cerificati Verdi (CV):</b> Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1. (1,5 per impianti "off-shore") * 15 anni. Dopo solo Scambio sul posto.</p> <p>Il tempo di ritorno dell'investimento è tra i 3 e i 5 anni.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. <b>Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</b></p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 34 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati al moto ondoso e maremotrice; 22 c€/kWh prodotto * 15 anni, per tutti gli altri impianti idroelettrici. <b>Dopo solo scambio sul posto.</b></p> <p>&gt; 1 MW - <b>Cerificati Verdi (CV):</b> Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1 (1,8 moto ondoso e maremotrice).</p> <p>Il tempo di ritorno dell'investimento è tra i 10 e i 20 anni.</p>	<p><b>Incentivi:</b>                      &lt; 200 kW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Biogas e Biomasse ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); 18 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Gas di discarica, gas residuali (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). <b>Dopo Scambio sul posto o Ritiro dedicato GSE.</b></p> <p>&gt; 200 kW &lt; 1 MW - Tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Biogas e Biomasse ((esclusi i biocombustibili liquidi ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009); 18 c€/kWh prodotto * 15 anni, per impianti legati a Gas di discarica, gas residuali (ad eccezione degli oli vegetali puri tracciabili attraverso il sistema integrato di gestione e di controllo previsto dal regolamento CE n. 73/2009). <b>Dopo solo scambio sul posto.</b></p> <p>&gt; 1 MW - <b>Cerificati Verdi (CV):</b> Potenza impianto * valore titolo per MW * coefficiente moltiplicatore K pari a 1,8, per Biomasse e Biogas prodotti da attività agricola, allevamento e foresta da filiera corta; 1,3, per i rifiuti biodegradabili e le biomasse diverse da quelle prima indicate).</p> <p><b>I tempi di ritorno dell'investimento variano tra i 4 e gli 8 anni, a seconda della tecnologia scelta, della scala dell'intervento.</b></p>
<p><b>INTERVENTO: RISULTATI AUDITING ENERGETICO DEL TERRITORIO</b></p>	<p>Valori della radiazione solare incidente sul sito: ..... W/m<sup>2</sup></p> <p>Disponibilità di superfici per l'installazione (tetti, coperture parcheggi, aree marginali): SI/NO; ..... m<sup>2</sup></p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzione: SI/NO</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione.</p> <p>Vincoli normativi.</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p> <p>Diagramma solare del sito considerato</p>	<p>Valori della radiazione solare incidente sul sito: ..... W/m<sup>2</sup></p> <p>Disponibilità di superfici per l'installazione (tetti, coperture parcheggi, aree marginali): SI/NO; ..... m<sup>2</sup></p> <p>Assenza/Presenza di ombreggiamenti/ostruzione: SI/NO</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione.</p> <p>Vincoli normativi.</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p> <p>Diagramma solare del sito considerato</p>	<p>Geomorfologia del suolo e andamento del gradiente termico del terreno: <b>stabilità termica 15-16°C a ..... m.</b></p> <p>Assenza/Presenza di acque ad alta temperatura: SI/NO, se si a ..... m di profondità, alla temperatura di ..... °C.</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione.</p> <p>Vincoli normativi.</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p>	<p>Valori relativi a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- velocità del vento: ..... m/s;</li> <li>- alla frequenza del vento: .... Ore/Giorno;</li> <li>- alla direzione del vento: sud, ovest, nord, ovest e intermedie;</li> <li>- alla temperatura del vento: .....°C.</li> </ul> <p>Assenza/Presenza di ostruzioni.</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione.</p> <p>Vincoli normativi.</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p>	<p>Presenza di corsi d'acqua: SI/NO;</p> <p>Portata: ..... m<sup>3</sup>/s;</p> <p>Velocità: ..... m/s;</p> <p>Altezza del "salto": ..... m.</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione: SI/NO.</p> <p>Vincoli normativi,</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p>	<p><b>Disponibilità o meno di "materiale" organico: SI/NO</b> derivante dall'attività di tre filiere rappresentative:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) "del legno" (Pellet e Cippato): essenze ad hoc; residui industriali della lavorazione del legno e della cellulosa;</li> <li>2) "dell'agricoltura" (Pellet, Olio vegetale, Biodiesel): colture ad hoc, scarti di produzioni agroalimentari, residui lavorazioni agricole;</li> <li>3) "degli scarti e dei rifiuti" (Biogas e Termovalorizzazione).</li> </ol> <p>Distanza media delle risorse: ..... km;</p> <p>Presenza/Assenza/Carenze infrastrutturali per l'attivazione della filiera;</p> <p>Assenza/Presenza di infrastrutture e Reti di distribuzione;</p> <p>Vincoli normativi,</p> <p>Incompatibilità/Impatti di vario genere.</p>
<p><b>PRESTAZIONE:</b></p> 						



### **4.3 Una nuova entità territoriale nei Piani urbanistici: i distretti energetici.**

La doppia sovrapposizione - nel Quadro Conoscitivo in parte e nell'Analisi del Sito in toto - dei contenuti formativi dei Piani Urbanistici e dei Piani Energetici, sopra evidenziata, mostra la loro naturale integrazione. Tale integrazione può quindi essere completata semplicemente aggiungendo nel Quadro Conoscitivo del Piano Urbanistico l'obbligo di eseguire anche l'analisi delle capacità energetiche del territorio.

Partendo da questa nuova e più ampia base conoscitiva, il Piano Urbanistico dovrà tradurre in prescrizioni energetico-ambientali i risultati dell'analisi energetica del territorio governato, ed attribuire livelli prestazionali differenziati in funzione delle diverse realtà urbane e territoriali che caratterizzano il territorio governato.

Per quanto riguarda la prescrizione legata all'uso di Fonti Energetiche Rinnovabili, i livelli prestazionali richiesti dal Piano possono essere dettati dal confronto, sopra descritto, dei risultati dell'analisi energetica sito-specifica con le diverse FER alternative potenzialmente utilizzabili.

Abbiamo visto che la Legge stabilisce che, attraverso i Piani Energetici, gli strumenti urbanistici oltre all'edificabilità devono disciplinare anche le risorse energetiche disponibili sul territorio. È semplice proporre che, insieme a vecchie e nuove entità territoriali (Zone, nei vecchi PRG; Ambiti omogenei, nei nuovi PSC), i Piani debbano individuare, in relazione ai risultati dell'analisi delle capacità energetiche espresse dal territorio, **nuovi domini territoriali** a cui poter attribuire il miglior mix possibile di fonti e tecnologie rinnovabili. Tali domini potrebbero essere denominati “**Distretti energetici**”, in linea con alcune sperimentazioni già in atto. I Distretti energetici possono, in estrema sintesi, essere definiti come porzioni del territorio di varia natura (urbano, extraurbano, ecc) in cui, attraverso un mix di soluzioni tecnologiche, è possibile ottimizzare l'interazione tra consumo e generazione locale dell'energia, riducendo i consumi e ricorrendo, quanto più possibile, alle fonti energetiche rinnovabili disponibili in loco.

### **4.4 La perequazione urbanistica ed energetica.**

La perequazione, oggi sempre più usata per regolare il diritto di edificabilità nelle trasformazioni urbane, può essere utilizzata anche per disciplinare un corretto uso delle risorse energetiche che caratterizzano ciascun territorio.

In generale, con il termine perequazione si intende un modo di operare che porti ad una distribuzione uniforme, ma soprattutto equa, di vantaggi e svantaggi tra due o più soggetti, accomunati da un qualche fattore unificante.

La *perequazione urbanistica* è un nuovo strumento per l'attuazione di piani e progetti di trasformazione urbana, di cui il Comune dispone allo scopo di raggiungere due obiettivi fondamentali:

- l'acquisizione gratuita o a prezzi agricoli delle aree da destinare alla realizzazione di opere pubbliche, ovvero di interventi di interesse pubblico. Questo risolve la scarsa disponibilità economica del soggetto pubblico per l'acquisizione delle aree finalizzate alla realizzazione della "città pubblica", ivi compresa l'edilizia sociale, storicamente affidata alla procedura dell'esproprio per pubblica utilità.

- la soluzione dello storico conflitto pubblico-privato, legato all'ingiusta differenziazione delle potenzialità edificatorie assegnate dal vecchio PRG alle diverse proprietà. La perequazione, infatti, prevede, attraverso lo strumento del Piano Strutturale (secondo la dicitura normativa oggi più diffusa nelle Leggi regionali), l'assegnazione di un medesimo indice di edificabilità a tutti i proprietari delle aree appartenenti alle stesso ambito territoriale soggetto a trasformazione urbana. A ciascun ambito, viene attribuita una specifica classe di appartenenza (quindi uno specifico indice di edificabilità), in relazione allo stato di fatto e di diritto (di riqualificazione, di espansione, di completamento). L'indice così assegnato, indipendentemente dagli usi finali (pubblico o privato) attribuiti alle diverse proprietà considerate, può essere utilizzato sulle "porzioni" individuate come edificabili nell'ambito di appartenenza, o in altre aree che il Piano Operativo (o, più in dettaglio, il Piano Urbanistico Attuativo) riconosce come tali.

Quindi, per quanto riguarda gli interventi urbanistici ed edilizi, la perequazione prevede esplicitamente la commerciabilità dei diritti edificatori, tra proprietà dello stesso comparto e fra comparti diversi, e la riduzione al minimo delle imposte sui trasferimenti di tali diritti o di aree, se necessari ad attuare il piano urbanistico.

L'applicazione della perequazione urbanistica comporta due operazioni delicate:

- la classificazione delle aree potenzialmente trasformabili in ambiti omogenei secondo un comune stato di fatto e di diritto
- la conseguente attribuzione, a ciascuna tipologia di ambito, di un proprio livello di diritti edificatori.

La prima di queste due operazioni tende nelle intenzioni ad essere il più oggettiva possibile e, comunque, deve far parte del quadro conoscitivo (condizioni di fatto e di diritto). La seconda operazione invece non fa parte del quadro conoscitivo e dovrà essere affrontata, almeno nella definizione dei criteri e dei livelli di attribuzione, nel

Documento preliminare, sulla base degli ambiti conseguenti al progetto di città che si vuole attuare. Per far questo si deve disporre di adeguati elementi conoscitivi del mercato immobiliare. Infatti, il successo dell'applicazione della perequazione urbanistica è strettamente legato ad una corretta calibratura delle convenienze economiche dei diversi soggetti privati (proprietari degli immobili, investitori) negli interventi di trasformazione.

Come già dimostrano molte esperienze in corso, la perequazione si configura come un'importante strumento di attuazione della sostenibilità e della qualità delle trasformazioni urbane. Rende possibile, infatti, la contrattazione con gli Enti Locali e con altri operatori, per individuare le aree che non risultino (a seguito di un'attenta analisi del sito) già in partenza del tutto inadatte ad un intervento di trasformazione e, quindi, non recuperabili anche con una corretta pianificazione ed un buon progetto. Un altro effetto prodotto dalla perequazione è quello di dare libera realizzazione al progetto/disegno della "città pubblica", rispetto ai confini imposti in passato dalla suddivisione di ogni ambito in singole proprietà.

Con la stessa impostazione, **si può affrontare il tema della produzione diffusa di energia** per un equo accesso alle risorse del territorio di appartenenza, a partire da quelle energetiche.

Infatti, in un ambito definito come "Distretto energetico", si può pensare di distribuire impianti di produzione di energia, di diversa tipologia e scala dimensionale, con proprie reti di integrazione delle diverse utenze, sia nei nuovi insediamenti che nelle trasformazioni dell'esistente, attraverso l'applicazione del principio perequativo alla distribuzione del "dovere" collettivo di produrre energia da fonti rinnovabili. In tal modo si possono graduare e distribuire i possibili interventi sulle diverse parti del tessuto urbano (o territoriale), in funzione dei risultati ottenuti con l'analisi delle capacità energetiche territoriali, senza perciò limitare la produzione da FER ai nuovi interventi.

Infatti in maniera del tutto equivalente alla perequazione urbanistica e territoriale, la perequazione energetica può assegnare, attraverso lo strumento del Piano Energetico integrato ai Piani Strutturale ed Operativo, il rispetto di un medesimo livello di produzione di energia da FER a tutti i proprietari dei manufatti - esistenti e previsti - appartenenti alle medesimo "Distretto energetico". A ciascun distretto verrà attribuita dal Piano una classe di appartenenza e, quindi, specifici livelli di produttività da rispettare, in relazione alle specifiche caratteristiche del sito (radiazione solare incidente, ventosità, presenza di corsi d'acqua, mix funzionale d'uso, presenze colturali, produttive, presenza di ostruzioni, vincoli, disponibilità di territorio, ecc). La quota di produzione così attribuita potrà essere generata direttamente da piccoli

impianti installati sui singoli manufatti a scala edilizia, se tale operazione risulterà tecnicamente realizzabile, economicamente vantaggiosa e competitiva rispetto ad altre possibili soluzioni alternative. In caso contrario, il proprietario dovrà far “decollare” la quota di produzione attribuita alla propria utenza, facendola “atterrare” su impianti di taglia medio-grande realizzati a scala insediativa su aree che i Piani (Strutturale ed Operativo) avranno appositamente individuato, perché considerate le più idonee, in termini ambientali ed economici, ad accogliere impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili supportate da infrastrutture energetiche a rete, a servizio del sistema insediativo. Il parallelo di esempio più immediato è il confronto, a scala dell’edificio, del riscaldamento autonomo rispetto a quello centralizzato.

In un siffatto assetto risulterà poi importante, nel mercato di produzione e scambio dell’energia, il ruolo svolto dalle Amministrazioni locali, variamente declinato in funzione del ruolo vorranno, potranno o dovranno assumere nel processo di realizzazione degli impianti da FER. In alcuni casi, tale ruolo sarà limitato al solo piano autorizzatorio ( quando è un privato a realizzare l’impianto) mentre in altri si concretizzerà in una partecipazione attiva (ad esempio, quando è il pubblico a concedere il suolo su cui realizzare gli impianti; è acquirente di forniture energetiche, auto-consumatore ovvero produttore di energia destinata alla cessione sul mercato).

#### 4.5 Un nuovo requisito prestazionale

Come abbiamo visto nel presentare la revisione del Regolamento Edilizio Tipo della Regione Emilia Romagna, l’esigenza globale di rispondere ai limiti posti dal Protocollo di Kyoto e dalle Direttive Europee, trova negli strumenti urbanistici una risposta che, anche in casi esemplari come questo, si limita alla definizione di una famiglia di requisiti prestazionali (Fig.4.5.1) solo a scala edilizia.

Fig. 4.5.1 estratto dall’elenco dei Requisiti tecnici in materia di sostenibilità edilizia (Allegato 2 della DGRER dell’8 febbraio 2010, n. 194 *Approvazione di uno schema di protocollo d’intesa per la sperimentazione in materia di requisiti tecnici e di sistemi di valutazione della qualità urbanistica ed edilizia.*)

REQUISITI TECNICI A SCALA EDILIZIA			
.....			
Fam.6 Dir.89/106/CEE Dir.2002/91/CE Dir.2006/32/CE	<b>Risparmio energetico</b>	E13(A)	Prestazione energetica degli edifici
		E13(B)	RC 6.1.1 e 6.1.2 (Del.AS n. 156/08)
		E14	Rendimento globale medio dell’impianto termico RC 6.2 (Del.AS n. 156/08)
		E15	Controllo della condensazione RC 6.3 (Del.AS n. 156/08)
		E16	Contenimento dei consumi energetici in regime estivo RC 6.4 (Del.AS n. 156/08)

Fam.6 Dir.89/106/CEE Dir.2002/91/CE Dir.2006/32/CE	<b>Risparmio energetico</b>	E17	Sistemi e dispositivi per la regolazione degli impianti termici e per l'uso razionale dell'energia mediante il controllo e la gestione degli edifici (BACS) RC 6.5 (Del.AS n. 156/08)
		E18	Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER) o assimilate RC 6.6 (Del.AS n. 156/08)

In molti casi, si è detto, che la realizzazione di impianti alimentati da FER alla scala edilizia trova ostacoli insormontabili (assenza di aree e spazi; costi eccessivi; volontà frammentate e differenziate; ecc), che spesso sarebbero facilmente superabili con semplici soluzioni, se affrontati su scale dimensionali superiori, insediativa e territoriale.

In sintesi, sarebbe necessario estendere l'implementazione di opportuni requisiti energetici anche alle scale insediativa e territoriale.

Un primo requisito prestazionale potrebbe riguardare l'obbligo di produrre quota parte del fabbisogno dell'energia termica ed elettrica da FER, come previsto a scala edilizia. I livelli richiesti dovranno essere rapportati e differenziati rispetto alle potenzialità espresse da ciascun distretto energetico. Tali potenzialità energetiche sono parte integrante dei parametri fondamentali che il Quadro Conoscitivo fa propri, per descrivere e valutare lo stato del territorio e i processi evolutivi che lo caratterizzano, costituendo il riferimento necessario per la definizione degli obiettivi e dei contenuti degli strumenti di pianificazione.

Il rispetto di tale requisito ridurrebbe, e in alcuni casi sostituirebbe, la mancata risposta prestazionale a scala edilizia, spesso negata dalle condizioni al contorno più che dalle caratteristiche proprie del manufatto edilizio oggetto d'intervento. Ad esempio, nel Regolamento Edilizio Tipo del Regione Emilia Romagna, il Requisito E18 (Fig. 4.5.1.) *Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili (FER) o assimilate* andrebbe applicata anche a scala insediativa.

## 5. NOTE – BIBLIOGRAFIA – SITOGRAFIA

### 5.1 NOTE

[1] – L'**albedo** di una superficie è la frazione di luce o, più in generale, di radiazione incidente che viene riflessa indietro. L'esatto valore della frazione dipende, per lo stesso materiale, dalla lunghezza d'onda della radiazione considerata. Se la parola albedo viene usata senza ulteriori specifiche, si intende la luce visibile. L'albedo massimo è 1, quando tutta la luce incidente viene riflessa. L'albedo minimo è 0, quando nessuna frazione della luce viene riflessa. In termini di luce visibile, il primo caso è quello di un oggetto perfettamente bianco, l'altro di un oggetto perfettamente nero. Valori intermedi significano situazioni intermedie. L'albedo della neve fresca arriva fino a 0,9. Il carbone ha un albedo molto basso. Una lavagna ha un albedo di circa 0,15. L'albedo si può anche misurare in percentuale, ponendo 1 uguale a 100%. La Terra ha un albedo medio di 0,37-0,39, o equivalentemente di 37%-39%.

[2] – (Tratto da *Progetto urbanistico e approccio prestazionale*, Antonella Campofredano, [www.cittasostenibili.it](http://www.cittasostenibili.it), 12/3/2011)

La **teoria esigenzial-prestazionale** nasce come *normativa tecnica* nell'ambito della produzione industriale per garantire la rispondenza, in quanto a prestazioni, di un prodotto alla domanda di qualità da parte degli utenti secondo dati criteri. La valutazione della qualità si basa dunque sui livelli di prestazione del prodotto in relazione alle richieste ed alle aspettative dell'utenza.

Il termine **requisito** (o caratteristica richiesta) è alla base del lessico esigenziale, così come i termini esigenza, prestazione, controllo; la teoria esigenziale è costruita principalmente sul concetto di **prestazione**: richiedere e determinare le prestazioni è l'operazione che sostituisce quella di definire e descrivere un oggetto in termini fisionomici e materiali. Naturalmente tale operazione ha un senso ed un valore se la prestazione che l'oggetto o l'elemento reale fornisce può essere controllata.

Il concetto di prestazione, in tutti i campi in cui viene applicato, risulta strettamente connesso ad una richiesta dipendente a sua volta da un'esigenza dell'utente.

Le prestazioni richieste ad un oggetto indicano i modi in cui questo risponde a tali domande; concettualmente l'iter seguito è sintetizzabile nella successione “**bisogni-esigenze-requisiti-prestazioni-controlli**”, cioè a partire dalla consapevolezza di un dato bisogno, lo si trasferisce in esigenza e quindi in requisito di un oggetto o di un intervento progettuale. Il mancato soddisfacimento della richiesta comporta l'adeguamento di un punto del percorso, nell'individuazione dell'esigenza, nella formulazione dei requisiti dell'oggetto, o nella rispondenza delle prestazioni fornite.

“Per l'International Standardization Organization la prestazione è data dal “comportamento di un prodotto in servizio”. Le prestazioni di un oggetto sono sempre legate al suo funzionamento, in relazione a come esso risponde a una data richiesta compatibilmente con le proprie potenzialità”(Caniglia Rispoli C., 1983).

Dato che le prestazioni sono la risposta a una richiesta, anche le normative che nei vari campi di applicazione regolamentano le trasformazioni possono adattarsi a tale filosofia, indicando le caratteristiche della risposta del dato oggetto prima ancora dei suoi caratteri costitutivi specifici. Tale ottica presuppone che un obiettivo sia perseguibile con più soluzioni progettuali concrete, ferme restando le indicazioni del risultato finale e delle condizioni al contorno necessarie a tale scopo.

La *normativa* prestazionale si è ormai estesa anche al campo dell'*edilizia* ed alle relative componenti tecnologiche, come strumento di garanzia delle prestazioni tecniche dei beni edilizi.

In estrema sintesi, l'approccio prestazionale è la pratica di pensare e operare in termini di obiettivi piuttosto che di mezzi. Esso si occupa di ciò che un edificio o un prodotto edilizio deve fare e non di prescrivere come deve essere costruito.

**[3]** – Con il termine **Best Practices** o **migliore pratica/prassi** si indicano in genere le esperienze più innovative e di successo che costituiscono modelli di riferimento perché hanno dimostrato di portare ad un risultato affidabile desiderato. Un impegno ad utilizzare le migliori pratiche in ogni campo è un impegno a usare tutte le conoscenze e le tecnologie a propria disposizione per assicurare il successo.

Il concetto è nato, all'inizio del XX secolo (Frederick Taylor, *The Principles of Scientific Management* - Harper & Brothers Publishers, New York 1911), da un'idea manageriale che asserisce l'esistenza di una tecnica, un metodo, un processo o un'attività, che sono più efficaci nel raggiungere un particolare risultato, di qualunque altra tecnica, metodo, processo, ecc. Si afferma che con i processi adeguati, i giusti controlli e le corrette analisi, il risultato voluto può essere ottenuto evitando problemi e complicazioni impreviste.

**[4]** – Il termine **zona 30** indica un'area all'interno della quale vige un limite di velocità pari a 30 km/h. Oltre al rispetto di tale prescrizione normativa, le zone 30 devono essere caratterizzate da una particolare conformazione delle strade (restringimenti, *chicane*, manti stradali differenziati) e dalla presenza di elementi (rallentatori ottici e/o acustici, dossi, rotatorie e isole spartitraffico, segnaletica) atti a privilegiare le funzioni propriamente urbane (residenziali, commerciali, ricreative, ecc.), facendole prevalere sulle esigenze del traffico motorizzato. (*Linee guida per la redazione dei piani della sicurezza stradale urbana*, Ministero dei Lavori Pubblici - Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, [www.mit.gov.it](http://www.mit.gov.it), 21/12/2012)

**[5]** – Il **Pellet** è ottenuto dalla segatura vergine residua dalla lavorazione del legno che viene opportunamente essiccata e pressata ad alta pressione in modo da ottenere piccoli cilindri di varia grandezza. Grazie alla capacità legante della lignina, una sostanza naturale contenuta nella legna, non è necessario aggiungere alcun tipo di additivo per cui si ottiene un combustibile naturale, ecologico e ad alta resa.

Il pellet è pulito, non inquinante e CO<sub>2</sub> neutro (la sua combustione genera la stessa quantità di CO<sub>2</sub> che l'albero, da cui deriva, ha sottratto all'atmosfera attraverso il processo di fotosintesi clorofilliana). Brucia completamente con ceneri residue minime che possono essere utilizzare come prezioso fertilizzante per il giardino. Data la pressatura, nella fase di produzione, la densità energetica del pellet è circa il doppio di quella del legno. ([www.pelletonline.com](http://www.pelletonline.com), 15/09/2011)

**[6]** – La **Pompa di calore** è una macchina in grado di trasferire calore da un ambiente a temperatura più bassa ad un altro a temperatura più alta. Essa opera sfruttando lo stesso principio di funzionamento del frigorifero e del condizionatore. ([www.pompedicalore.it](http://www.pompedicalore.it), 08/07/2011)

[7] – La **fitodepurazione** è un sistema di depurazione naturale delle acque reflue domestiche, agricole e talvolta industriali, che riproduce il principio di autodepurazione tipico degli ambienti acquatici e delle zone umide. L'etimologia della parola (phito = pianta) potrebbe far ritenere che siano le piante gli attori principali del processo depurativo, in realtà le piante hanno il ruolo fondamentale di creare un habitat idoneo alla crescita della flora batterica, adesa o dispersa, che poi è la vera protagonista della depurazione biologica.

Gli impianti di fitodepurazione, a livello internazionale, vengono chiamati *costruted wetlands* e possono essere utilizzati o come trattamento secondario, cioè come un vero e proprio processo depurativo, a valle del trattamento primario o come trattamenti terziari a valle di impianti di depurazione tradizionali il cui effluente non raggiunge i limiti imposti dalla normativa.

[8] – Gli **stakeholder** sono i portatori di interessi, ossia coloro che più o meno direttamente sono coinvolti dall'azione di cui si sta discutendo. Secondo Edward Freeman e in ambito aziendale: “gli stakeholder primari, ovvero gli stakeholder in senso stretto, sono tutti quegli individui e gruppi ben identificabili da cui l'impresa dipende per la sua sopravvivenza: azionisti, dipendenti, clienti, fornitori e agenzie governative chiave. In senso più ampio, tuttavia, stakeholder è ogni individuo ben identificabile che può influenzare o essere influenzato dall'attività dell'organizzazione in termini di prodotti, politiche e processi lavorativi. In questo più ampio significato, gruppi di interesse pubblico, movimenti di protesta, comunità locali, enti di governo, associazioni imprenditoriali, concorrenti, sindacati e la stampa, sono tutti da considerare stakeholder”.

[9] – Con il termine **car sharing** o **auto condivisa** si indica la condivisione dell'automobile con altre persone. La filosofia alla base del car sharing è quella dell'auto come servizio e non come possesso. L'iniziativa parte dal presupposto che chi ha bisogno dell'auto per un certo periodo di tempo può prendere in prestito una di quelle in condivisione e poi una volta finito riportarla al parcheggio più vicino al proprio punto di interesse (abitazione, luogo di lavoro, di studio, ecc.) e pagare solo per il tempo di cui si è usufruito del veicolo. I costi a carico dell'utente comprendono solo una quota annuale e le quote a consumo relative al periodo di utilizzo. Rimangono a carico del gestore del servizio tutte le altre spese: acquisto delle auto, le spese di assicurazione, manutenzione, tasse e carburante.

[10] – Secondo la definizione data dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici) ora ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), i **brownfields** sono “siti inquinati nei quali gli interventi di riutilizzo o trasformazione d'uso, valorizzandone le caratteristiche e collocazione geografica, sono in grado di produrre benefici economici uguali o superiori ai costi, comprendendo nei costi sia quelli relativi alle opere di trasformazione che quelli relativi alle opere di bonifica o messa in sicurezza. Si tratta, spesso, di siti inquinati compresi in ambito urbano o di immediata periferia, già dotati di tutte le opere di urbanizzazione (luce, acqua, gas, rete fognaria ecc.) e prossimi a linee e raccordi di trasporto. Aree, quindi, degradate ed impattanti, sia sulle matrici ambientali che sul tessuto antropico circostante, ma che presentano caratteristiche tali da poter essere utilmente trasformate e valorizzate, e che sono in grado di produrre, se adeguatamente gestite, benefici finanziari ed economici e nuove opportunità di sviluppo sostenibile per la collettività.”



[11] – La **fotosintesi clorofilliana** (dal greco φῶτο- [*foto-*], "luce", e σύνθεσις [*synthesis*], "costruzione, assemblaggio") è un processo chimico grazie al quale le piante verdi producono sostanze organiche – principalmente carboidrati – a partire dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) atmosferica e dall'acqua metabolica, in presenza di luce solare.

[12] – La definizione di **Social Housing** comunemente accettata è quella fornita dal Cecodhas, il Comitato Europeo per la promozione al diritto alla casa: “l'insieme delle attività atte a fornire alloggi adeguati, attraverso regole certe di assegnazione, a famiglie che hanno difficoltà nel trovare un alloggio alle condizioni di mercato perché incapaci di ottenere credito o perché colpite da problematiche particolari”.

[13] – L'**Agenda 21** è il piano di azione dell'ONU, per lo **sviluppo sostenibile** per il ventunesimo secolo, definito dalla conferenza ONU su sviluppo e ambiente (Summit della Terra) di Rio de Janeiro, nel 1992.

Il termine Agenda 21 indica l'insieme delle strategie e delle azioni da intraprendere nel 21° secolo per conseguire lo sviluppo sostenibile.

L'Agenda 21 affronta tutte le tematiche (ambientali, sociali ed economiche) dello sviluppo sostenibile, indicando finalità, obiettivi, strumenti e azioni da realizzare.

Tra i **principi**, le linee-guida e le priorità d'intervento, individuate dalla Dichiarazione di Rio e dall'Agenda 21 per orientare l'azione degli Stati, i seguenti hanno particolare rilievo:

- **l'integrazione tra ambiente e sviluppo**;
- il **principio di equità**, riferito alle sperequazioni tra le aree geopolitiche del pianeta e ai diritti delle future generazioni;
- il **principio precauzionale**, a cui ricorrere quando non esistano informazioni scientifiche sufficienti sui potenziali effetti negativi, tali da permettere l'applicazione del principio di prevenzione;
- l'**integrazione** degli aspetti ambientali nei processi decisionali;
- il **principio “chi inquina paga”**;
- la **centralità della questione ambientale** nelle azioni del governo;
- l'integrazione di **conti ambientali** nelle contabilità economiche nazionali;
- la **partecipazione attiva** delle popolazioni e il loro libero accesso all'informazione. ([www.ea.fvg.it](http://www.ea.fvg.it), 12/11/2011)

[14] – **Wohnbund** è un progetto di ricerca, fondato in Austria nel 1986, basato sulla la pianificazione interdisciplinare per la gestione sostenibile dell'habitat urbano. La competenza sociale, l'indipendenza, la creatività e l'impegno sono la base del filosofia "Wohnbund”.

[15] – In ingegneria elettronica e delle telecomunicazioni una **smart grid** è una rete di informazione che affianca la rete di distribuzione elettrica e gestisce la rete elettrica in maniera "intelligente" sotto vari aspetti o funzionalità ovvero in maniera efficiente per la distribuzione di energia elettrica evitando sprechi energetici. Tutto ciò avviene attraverso un sistema fortemente ottimizzato per il trasporto e diffusione della stessa dove gli eventuali surplus di energia di alcune zone che vengono redistribuiti, in modo dinamico ed in tempo reale, in altre aree.

[16] – Si tratta di una misura fiscale, introdotta dalla Legge n. 296 del 27 dicembre 2007 (Legge Finanziaria 2007), che introduce la possibilità di **detrarre dall'imposta IRPEF il 55%** delle spese sostenute per realizzare interventi di riqualificazione energetica negli edifici, ovvero di tutti quegli

interventi volti a ridurre la dispersione termica di un edificio o di una casa o, più in generale, a risparmiare energia. Le spese per le quali è possibile fruire della detrazione comprendono sia i costi per i lavori edili connessi con l'intervento di risparmio energetico, che quelli per le prestazioni professionali, necessarie sia per la realizzazione degli interventi agevolati che per acquisire la certificazione energetica richiesta per fruire del beneficio. Sono spese detraibili, oltre alle spese professionali, quelle relative alle forniture ed alla posa in opera di materiali di coibentazione e di impianti di climatizzazione nonché la realizzazione delle opere murarie ad essi collegate.

In particolare la detrazione d'imposta del 55% si può ottenere per i seguenti interventi:

- Riqualficazione energetica “globale” - (art.1, comma 344, della legge 296/2006) - si può intendere ad esempio l'isolamento delle pareti dall'interno dall'esterno o dall'intercapedine oppure l'isolamento delle coperture con materiali isolanti per ridurre la dispersione del calore;
- Interventi sull'involucro di edifici esistenti, sue parti o unità immobiliari, riguardanti strutture opache orizzontali, verticali, finestre comprensive di infissi, delimitanti il volume riscaldato, verso l'esterno e verso vani non riscaldati - (art.1, comma 345, della legge 296/2006) possono rientrare in questo punto la sostituzione degli infissi o l'installazione di doppi vetri e guarnizioni supplementari su serramenti esistenti o con infissi aventi maggiori proprietà isolanti;
- Installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di acqua calda in piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università - (art.1, comma 346, della legge 296/2006);
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale, integrale o parziale, con impianti dotati di caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione - (art.1, comma 347, della legge 296/2006);
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale, integrale o parziale, con impianti con pompe di calore ad alta efficienza o con impianti geotermici a bassa entalpia e contestuale messa a punto ed equilibratura del sistema di distribuzione - (art.1, comma 347, della legge 296/2006 e art1, comma 286, legge 244/2007).

[17] – Il **Conto Energia** è il meccanismo di incentivazione che remunera la produzione di energia elettrica ottenuta tramite impianti fotovoltaici.

In Italia il decreto ministeriale che ha introdotto tale meccanismo, è stato soggetto a modifiche importanti nel corso degli anni. In particolare, a febbraio 2007 (“**Secondo Conto Energia**”), ad agosto 2010 (“**Terzo Conto Energia**”) ed infine a maggio 2011 (“**Quarto Conto Energia**”).

La caratteristica fondamentale di questo sistema di incentivazione è quella di remunerare l'energia prodotta dall'impianto con una tariffa incentivante. In altre parole è come se lo Stato riconoscesse ai cittadini e alle aziende proprietari di impianti fotovoltaici un contributo sulla produzione di energia elettrica. L'incentivo è riferito al kwh prodotto, il suo valore è variabile in funzione della collocazione, della tipologia e della taglia dimensionale dell'impianto di produzione. La tariffa incentivante può essere concessa a tutti gli impianti fotovoltaici di potenza non inferiore ad 1 kWp, e l'ente pubblico preposto ad erogare questo incentivo è il GSE (Gestore dei Servizi Energetici). ([www.enelgreenpower.com](http://www.enelgreenpower.com), 6/10/2011)

[18] – Lo **scambio sul posto** è un meccanismo che consente di immettere nella rete elettrica l'energia prodotta da un impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili, ma non immediatamente autoconsumata per poi prelevarla in un momento successivo per soddisfare i propri

consumi. In altre parole tale meccanismo consente all'utente/produttore di "immagazzinare" virtualmente sulla rete l'energia prodotta dal proprio impianto e non consumata, di barattare questa energia con quella prelevata dalla rete nei momenti "improduttivi" dell'impianto, di massimizzare, quindi, il risparmio sulla bolletta elettrica.

[19] – Ad esempio, secondo la L.R. 20/2000, i contenuti del **Quadro Conoscitivo** sono suddivisi nei seguenti sistemi e sottosistemi:

- A) SISTEMA ECONOMICO E SOCIALE.
- B) SISTEMA NATURALE ED AMBIENTALE.
- C) SISTEMA TERRITORIALE:
  - C.1) Sistema insediativo:
    - C.1.1) Sistema insediativo territoriale.
    - C.1.2) Sistema insediativo storico, urbano e rurale.
    - C.1.3) Sistema dei territori urbanizzati.
    - C.1.4) Sistema delle dotazioni territoriali.
  - C.2) Sistema delle infrastrutture per la mobilità.
  - C.3) Sistema del territorio rurale.
- D) SISTEMA DELLA PIANIFICAZIONE.

## 5.2 BIBLIOGRAFIA

AA.VV., Fonti rinnovabili di energia: obiettivi e strategie nazionali : stato dell'arte, Conferenza nazionale Energia e ambiente, Roma, 25-28 novembre 1998.

AA.VV., *Libro Bianco "Energia, Ambiente, Edificio"*, Milano, Il Sole 24 ore, 2004.

Annunziato M. (a cura di), *Dall'ecobuilding al distretto energetico: la proposta enea per un modello di sviluppo fondato su ecoedifici e generazione distribuita*, ROMA, Laboratorio Tecnografico ENEA, 2007.

Antonini E., *Straordinario dentro. Edilizia sostenibile*, Costruire, n.213, 2001,72-75.

Arsuffi G., Arena A., (a cura di), *Quaderno Energia Eolica*, Frascati (Roma), Laboratorio Tecnografico ENEA, 2011

Barney, G. O. (Study Director and Ed.), *The Global 2000 Report to the President of the U.S.: Entering the 21st Century*, Vol. 2: The Technical Report, New York, Pergamon Press, 1980.

Bisceglia C., *Greenwich Millennium Village, Londra*, L'industria delle costruzioni, n.382, 2005, 30-41.

Bisceglia C., *Hannover, edificare su un terreno agricolo: quando l'antropizzazione del territorio non impoverisce le risorse naturali*, L'industria delle costruzioni, n.397, 2007, 76.

Bologna, G., *Verso la sustainability science. Atti del XVI Congresso Internazionale dell'Ordine dei Biologi. XXXIV*, Abano Terme (PD), n. 2, Biologi Italiani, p. 7-16, 2003.

CAMAGNI, R.(a cura di), *Economia e pianificazione della città sostenibile*, Il Mulino, Bologna, 1996.

CAMAGNI, R., *Città in Europa: globalizzazione, coesione e sviluppo sostenibile*, Venezia, 1996.

Castelli G., *Solar City a Linz: qualità, bassi consumi, regia pubblica*, Urbanistica n.141, 2010, 58-62.

Censis-ANCE, “Come reintervenire sul patrimonio esistente”, Dossier, Bologna, 7 ottobre 2011.

Coiante D., *Le nuove fonti di energia rinnovabile*, Milano, Franco Angeli, 2004.

Dal Buono V., *Kcap - GWL Terrein, Amsterdam, Olanda*, Costruire in laterizio, n.137, 2010, 32-35.

De Pascali P., *Città ed energia. La valenza energetica dell'organizzazione insediativa*, Milano, Franco Angeli, 2008.

Dessi V., *Progettare il comfort urbano. Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Napoli, Sistemi editoriali, 2008.

Fonti L., Masiello D., *Le città come nuovi ecosistemi? Le nuove forma dello sviluppo sostenibile*, XXXI Conferenza Italiana di Servizi Regionali, Aosta 20-22 settembre 2010.

Gallo P. (a cura di ), *Progettazione Sostenibile*, Firenze, Alinea, 2004.

Garaguso G., *Da Stoccolma a Rio (ed oltre)*, in: Garaguso G. e Marchisio S. (a cura di), *Rio 1992: Vertice per la Terra*, Milano, Franco Angeli, 1993.

Gerundo R., Siniscalco A., *Multidisciplinarietà al servizio della politica. L'esperienza degli urbanisti nella redazione del Pec di Salerno*, URBANISTICA E POLITICA, V Giornata di Studi INU 2009. Napoli.

Grosso M., Peretti G., Piardi S., Scudo G., *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Napoli, Sistemi Editoriali, 2005.

Lamedica C., *ECOLOGIA MISURATA: la sostenibilità ambientale nei nuovi strumenti urbanistici di Bologna*, Bioarchitettura, n. 57-58, 2009, 86-89.

Martinelli N., Rovigatti P., *Energie rinnovabili per un nuovo progetto del territorio*, Urbanistica Informazioni, n.192, 2004, 49-71.

Montani, G., *L'approccio ecocentrico allo sviluppo sostenibile. Ecologia, economia e politica*, il Federalista, n. 1, 2007, 24-60.

Monti C., *Dal progetto al governo della città*, Bologna, CLUEB, 2008.

Monti C., *Governare la trasformazione*, in AA.VV. "Progetto e governo della trasformazione", Bologna, Edizioni SAIE, 2004.

Ombuen S., Rosellini G., *Clima e energia nel nuovo Piano; Convegno Pianificazione energetica e politiche del clima nel nuovo piano: l'integrazione delle politiche locali energetiche e di protezione climatica nei processi di governo del territorio*, Senigallia (AN), 16 novembre 2007.

Ombuen S., *Urbanistica e sviluppo sostenibile delle città. L'integrazione delle politiche energetiche e di adattamento climatico nel governo del territorio*, Conferenza europea *Energia sostenibile e alloggio sociale*, Ancona, 21-22 aprile 2008.

Orecchini, F., Farioli, F., Vitali, G., & Valitutti, V., *Roadmap per una nuova sinergia tra scienza e industria*, GA. *Gazzetta ambiente*, v.16 (n.5), 2010, 15-19.

Pearce D., Markandya A., Barbier E., *Progetto per un'economia verde*, Bologna, Il Mulino, 1991.

Rogers R., Gumuchdjian P., *Città per un piccolo pianeta*, Milano, Hoepli, 1997.

Socco C., *CITTÀ, AMBIENTE, PAESAGGIO. Lineamenti di progettazione urbanistica*, Torino, UTET, 2000.

UNI/AIA, *Dichiarazione di In(ter)dipendenza per un futuro sostenibili*, Congresso degli Architetti UIA/AIA, Chicago, 1993.

### **DOCUMENTI INTERNAZIONALI**

Rapporto sui limiti dello sviluppo - "The Limits to Growth", commissionato al Massachusetts Institute of Technology (MIT) dal Club di Roma, pubblicato nel 1972

Dichiarazione delle Nazioni Unite sull'ambiente umano,Stoccolma 5-16 giugno 1972.

The Global 2000 Report to the President, United States Department on State - Council on Environmental Quality, 1980.

Strategia Mondiale per la Conservazione – World Conservation Strategy (WCS) of the Living Natural Resources for a Sustainable Development, documento elaborato nel 1980 da IUCN (International Union for Conservation of Nature), UNEP (United Nations Environment Programme) e WWF (World Wide Fund For Nature).

IUCN, U. e. (1980). *World Conservation Strategy:Living Resource Conservation for Sustainable Development*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.

### ***RIFERIMENTI LEGISLATIVI***

L., 9 Gennaio 1991, n.10, *Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*.

L.R. Emilia Romagna, 24 marzo 2000, n. 20, *Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio*.

L.R. Emilia Romagna, 25 novembre 2002, n. 31, *Disciplina generale dell'edilizia*.

Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna, 4 marzo 2008, n. 156, *Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici*.

Direttiva europea, 23 aprile 2009, n.28, *sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*.

L., 23 luglio 2009, n. 99, *Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia*.

D.G.R. Emilia Romagna, 8 febbraio 2010, n. 194, *Approvazione di uno schema di protocollo d'intesa per la sperimentazione in materia di requisiti tecnici e di sistemi di valutazione della qualità urbanistica ed edilizia*.

Direttiva europea, 18 maggio 2010, n.31, *Prestazione energetica nell'edilizia*.

D.M., 10 settembre 2010, *Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili*.

D.Lgs., 3 marzo 2011, n.28, *Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*.

D.G.R. Emilia Romagna, 26 settembre 2011, n. 1366, *Proposta di modifica della Parte seconda - Allegati - della Delibera dell'Assemblea Legislativa n. 156/2008 Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici*.

### 5.3 SITOGRAFIA

<http://commons.wikimedia.org>

[www.casaqualita.it](http://www.casaqualita.it)

<http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it>

[www.casasoleil.it](http://www.casasoleil.it)

<http://gogreen.virgilio.it/>

[www.cittasostenibili.it](http://www.cittasostenibili.it)

<http://greenbuilding.ca>

[www.comune.bologna.it](http://www.comune.bologna.it)

<http://greenwichrising.com/>

[www.ea.fvg.it](http://www.ea.fvg.it)

<http://it.wikipedia.org/>

[www.ecoage.it](http://www.ecoage.it)

<http://retenergetica.altervista.org/>

[www.ecosportello.org](http://www.ecosportello.org)

<http://warpeduniverse.blogspot.com>

[www.enea.it](http://www.enea.it)

<http://www.citta-energia.it/site/>

[www.enelgreenpower.com](http://www.enelgreenpower.com)

[www.a21italy.it](http://www.a21italy.it)

[www.energialab.it](http://www.energialab.it)

[www.acquabenecomune.org](http://www.acquabenecomune.org)

[www.energie-rinnovabili.net](http://www.energie-rinnovabili.net)

[www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

[www.energoclub.it](http://www.energoclub.it)

[www.bioarchitettura.it](http://www.bioarchitettura.it)

[www.eumayors.eu](http://www.eumayors.eu)

[www.bioecolab.it](http://www.bioecolab.it)

[www.feasta.org/documents/wells/two/wellselliott.htm](http://www.feasta.org/documents/wells/two/wellselliott.htm)

[www.breeam.org](http://www.breeam.org)

[www.casaclima.com](http://www.casaclima.com)

[www.fonti-rinnovabili.it](http://www.fonti-rinnovabili.it)

[www.freiburg.de](http://www.freiburg.de)

[www.svilupposostenibile.org](http://www.svilupposostenibile.org)

[www.greenlab.cz](http://www.greenlab.cz)

[www.terna.it](http://www.terna.it)

[www.greenme.it](http://www.greenme.it)

[www.terranauta.it](http://www.terranauta.it)

[www.gse.it](http://www.gse.it)

[www.usgbc.org](http://www.usgbc.org)

[www.hqe2r.cstb.fr](http://www.hqe2r.cstb.fr)

[www.verdiananetwork.com](http://www.verdiananetwork.com)

[www.iea.org](http://www.iea.org)

[www.wwf.it](http://www.wwf.it)

[www.infobuild.it](http://www.infobuild.it)

[www.zedfactory.com](http://www.zedfactory.com)

[www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it)

[www.istat.it](http://www.istat.it)

[www.itaca.org](http://www.itaca.org)

[www.kcap.eu](http://www.kcap.eu),

[www.kyotoclub.org](http://www.kyotoclub.org)

[www.legambiente.it](http://www.legambiente.it)

[www.legambiente.it](http://www.legambiente.it)

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

[www.miniwatt.it](http://www.miniwatt.it)

[www.mit.gov.it](http://www.mit.gov.it)

[www.mobilitasostenibile.it](http://www.mobilitasostenibile.it)

[www.nextville.it](http://www.nextville.it)

[www.pelletonline.com](http://www.pelletonline.com)

[www.pompedicalore.it](http://www.pompedicalore.it)

[www.regione.emilia-romagna.it](http://www.regione.emilia-romagna.it)

[www.rinnovabili.it](http://www.rinnovabili.it)

[www.ruhrenergy.de](http://www.ruhrenergy.de)