



Università di Bologna

Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE DELLA TERRA
XXIV° CICLO

Coordinatore: Prof. Roberto Barbieri

Tesi di Dottorato

**Studio dell'intrusione salina all'interno di un acquifero freatico
costiero (Ravenna; Italia)**

Settore concorsuale:

04/A3 - GEOLOGIA APPLICATA

Presentata da:

Dott. Donato Capo

Relatore:

Prof. Marco Antonellini

Ciclo di studi 2009-2011

Sommario

1	Inquadramento generale	1
1.1	Introduzione	1
1.2	L'area di studio	2
1.2.1	Inquadramento geologico stratigrafico	3
1.2.2	Evoluzione recente della costa	7
1.2.3	Uso del suolo	8
1.2.4	Subsidenza	10
1.2.5	Sistema di bonifica	11
1.2.6	Gli acquiferi Emiliano-Romagnoli	12
1.3	Lavori pregressi	15
1.4	Progetto Coastal Salt-Water Intrusion (C.S.I.)	17
2	Caratterizzazione litologica dell'acquifero costiero	19
2.1	Piezometri della rete di monitoraggio	19
2.1.1	Messa in posto dei nuovi piezometri della rete di monitoraggio	20
2.2	Raccolta dati litologici	23
2.3	Dati geognostici Regione Emilia-Romagna	25
2.4	Dati litologici Lab. I.G.R.G.	26
2.5	Omogeneizzazione dei dati	27
2.6	Cartografia e modellistica 3D	28
2.6.1	Software utilizzato	28
2.6.2	Zona Nord	30
2.6.3	Zona Sud	32
2.7	Stratigrafia dell'acquifero da letteratura	36
2.8	Risultati	38

2.9	Conclusioni.....	39
3	Indagini Indirette.....	41
3.1	Prospezioni geoelettriche 1-4D. Marzo 2009 - Luglio 2010.....	41
3.1.1	Progettazione della campagna di monitoraggio.....	41
3.1.2	Strumentazioni e metodi.....	42
3.1.3	Inversione dati.....	44
3.1.4	Calibrazione V.E.S.....	49
3.1.5	Determinazione delle soglie.....	52
3.2	Transetti V.E.S.	53
3.2.1	Transetto P1P1	53
3.2.2	Transetto NPD2.....	55
3.2.3	Transetto P8P8	56
3.2.4	Transetto P9P9	58
3.2.5	Transetto P6P6	59
3.2.6	Transetto P3P3	60
3.2.7	Transetto NPD2 bis.....	62
3.2.8	Transetto P8P8 bis.....	63
3.3	Confronto dati geofisici - dati pluviometrici.....	65
3.3.1	Aprile 2009.....	65
3.3.2	Giugno 2010.....	66
3.3.3	Settembre 2009.....	68
3.3.4	Luglio 2010	69
3.3.5	Marzo 2010	70
3.3.6	Maggio 2010	72
3.4	Elaborazioni cartografiche.....	73

3.4.1	Software utilizzato.....	73
3.4.2	Determinazione delle soglie tra diversi tipi di acque di saturazione.....	74
3.4.3	Carte delle isopache dei tipi di acque in falda.....	74
3.5	Risultati e discussione	80
3.6	Conclusioni.....	81
4	Caratterizzazione del livello di falda e della salinità delle acque tramite misure dirette	83
4.1	Introduzione.....	83
4.2	Reti piezometriche utilizzate	84
4.2.1	Reti piezometriche della Pineta di San Vitale.....	84
4.2.2	Nuova rete piezometrica 2010.....	85
4.2.3	Rete piezometrica del laboratorio I.G.R.G.....	85
4.2.4	Acque superficiali	86
4.2.5	Sistemi con minifiltri.....	87
4.3	Strumentazione e metodologia	87
4.4	Campagne di monitoraggio	91
4.5	Carte della freaticimetria	91
4.6	Carte della profondità della soglia di salinità 3 g/l. Giugno 2010-Dicembre 2010.....	94
4.7	Carte della profondità della soglia di salinità 15 g/l. Giugno 2010-Dicembre 2010.....	96
4.8	Confronto tra misure indirette (geoelettrica) e misure dirette (dati da pozzo).....	98
4.8.1	Zona nord	98
4.8.2	Zona Sud	101
4.9	Risultati e discussione	104
4.10	Conclusioni	105
5	Modellistica numerica.....	107
5.1	Introduzione.....	107

5.2	Modflow	108
5.3	Costruzione del modello	110
5.3.1	Geometria del modello	110
5.3.2	Proprietà dell'acquifero.....	111
5.3.3	Condizioni al contorno	113
5.3.4	Condizioni iniziali	114
5.3.5	Tempi di simulazione	115
5.4	Modelli.....	116
5.4.1	Modello con concentrazione iniziale di 0 mg/l	116
5.4.2	Modello con concentrazione iniziale di 34000 mg/l	117
5.5	Risultati e discussione	120
5.6	Conclusioni.....	121
6	Sperimentazione della metodologia di monitoraggio attraverso i minifiltri	123
6.1	Introduzione.....	123
6.2	I minifiltri	124
6.2.1	Strumentazione e metodologia	124
6.2.2	Messa in posto dei minifiltri.....	127
6.3	Campagne di monitoraggio	129
6.3.1	Ottobre 2010.....	130
6.3.2	Dicembre 2010	133
6.3.3	Agosto 2011	139
6.4	Risultati e discussione	141
6.5	Conclusioni.....	142
7	Conclusioni.....	144
8	Bibliografia.....	148

9	Appendici	163
9.1	Dati litologici raccolti dalle campagne d'installazione della nuova serie di piezometri 163	
9.2	Dati V.E.S. utilizzati per la Calibrazione	174
9.3	Dati V.E.S. utilizzati per il monitoraggio delle acque di falda.....	175
9.4	Dati dei punti utilizzati durante le campagne di misurazione diretta in pozzo.....	193
9.5	Dati Minifiltri	199

Indice delle Figure

Figura 1.1	– Localizzazione dell'area di studio (da Google Earth).	2
Figura 1.2	– Stratigrafia dei primi 150 m del sottosuolo nella pianura padana sud orientale (da Amorosi et al.2004).....	4
Figura 1.3	– Stratigrafia sequenziale della pianura padana sud occidentale (da Amorosi et al., 2001). Le sequenze di 4° ordine sono messe in relazione con i principali cicli glacio – eustatici, mentre le oscillazioni minori sono correlate con i cicli di 5° ordine.....	5
Figura 1.4	– Sezione della pianura padana sud orientale che mostra la sequenza trasgressivo-regressiva suddivisa in 8 cicli minori (da Amorosi et al. 2005).....	6
Figura 1.5	– Evoluzione della linea di costa nell'area di studio, ricostruita da cartografia storica. (Master Plan, 2005).....	7
Figura 1.6	– Carta dell'uso del suolo dal sito della Regione Emilia-Romagna (Modificato da RER sito web (a) accesso il 27/10/2011.	9
Figura 1.7	– Tassi di subsidenza nel periodo 1972-1977 nel comune di Ravenna (Fonte Servizio Geologico – Comune di Ravenna, 2006)	11
Figura 1.8	– Carta dei bacini di drenaggio e delle idrovore della costa ravennate.	12
Figura 1.9	- Distribuzione in pianta delle conoidi, degli acquiferi di pianura e dell'acquifero costiero A0. (RER 2005, Piano di Tutela delle Acque)	13

Figura 1.10 - Sezione idrostratigrafica n° 29. Esagerazione verticale 50x. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli webgis (da R.E.R & ENI-AGIP 1998).....	14
Figura 2.1 –Distribuzione dei nuovi piezometri all’interno dell’area di studio.....	20
Figura 2.2 –Divisione delle zone.....	21
Figura 2.3 –Schema per la raccolta dei dati litologici.....	24
Figura 2.4 –Cassette per la raccolta delle carote.....	24
Figura 2.5 - Piezometri Regione Emilia Romagna. Da Google Earth.....	25
Figura 2.6 – Piezometri campagna 2006. Da Google Earth.....	26
Figura 2.7 – Omogeneizzazione dei dati litologici.....	27
Figura 2.8 – Informazioni geografiche del database di RockWorks 15.....	28
Figura 2.9 - Schema del software RockWorks 15 per l’inserimento dei dati litologici.....	29
Figura 2.10 – Dimensioni delle celle in RockWorks 15.....	29
Figura 2.11 - Modello litostratigrafico da RockWorks 15, della zona nord. Esagerazione verticale 50 ×.....	30
Figura 2.12 – Distribuzione delle sezioni del diagramma a steccato di Figura 2.13.....	31
Figura 2.13 - Diagramma a steccato da RockWorks 15, della zona nord. Esagerazione verticale 50 ×.....	31
Figura 2.14 – Modello delle sabbie di cordone litorale della zona nord.....	32
Figura 2.15 - Modello litostratigrafico da RockWorks 15, della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×.....	33
Figura 2.16 – Distribuzione delle sezioni del diagramma a steccato di Figura 2.17.....	34
Figura 2.17 - Diagramma a steccato da RockWorks 15, della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×.....	35
Figura 2.18 – Modello delle sabbie della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×.....	35
Figura 2.19 – (a) Architettura Stratigrafica del Subsistema di Ravenna, dalla carta “Tetto delle sabbie litorali del subsistema di Ravenna”. Dalla Carta Geologica d’Italia 1:50000 foglio 223 Ravenna; (b) Particolare della sezione D-D ^I dalla carta “Tetto delle ghiaie alluvionali e dei	

depositi deltizi e litorali – Susintemi di Ravenna (AES ₈) e di Villa Verucchio (AES ₇), Dalla Carta Geologica d'Italia 1:50000 fogli 240-241 Forlì-Cervia.	37
Figura 2.20 - Sezione dell'acquifero con indicati le varie tipologie idrauliche della falda. Esagerazione verticale 60 ×.....	40
Figura 3.1 - Distribuzione dei transetti sul territorio.....	41
Figura 3.2 - Schema della disposizione elettrodica tipo Wenner (da Burger, 1992b)	43
Figura 3.3 - Diagramma usato per determinare il potenziale negli elettrodi P ₁ e P ₂ (da Burger, 1992b).....	45
Figura 3.4 – Schema di distribuzione con interfaccia singola (da Burger, 1992b).....	46
Figura 3.5 –Rifrazione e calcolo del potenziale nel punto P ₁ (da Burger, 1992b).....	47
Figura 3.6 - Software utilizzato per l'inversione dei dati geofisici con grafico dati osservati/curva calcolata.....	49
Figura 3.7 - Transetto P1P1 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	54
Figura 3.8 - Transetto NPD2 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	56
Figura 3.9- Transetto P8P8 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	57
Figura 3.10 – Transetto P9P9 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	58
Figura 3.11 –Transetto P6P6 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	60
Figura 3.12 –Transetto P3P3 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	61
Figura 3.13 –Transetto NPD2 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	63
Figura 3.14 –Transetto P8P8 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	64

Figura 3.15 – Stazione meteo “ <i>Ravenna</i> ” segnata in rosso	65
Figura 3.16 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Aprile 2009.....	66
Figura 3.17 –Transetto NPD2 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	66
Figura 3.18 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Giugno 2010.....	67
Figura 3.19 –Transetto NPD2 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	67
Figura 3.20 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Settembre 2009.....	68
Figura 3.21 –Transetto P8P8 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	69
Figura 3.22 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Luglio 2010	69
Figura 3.23 –Transetto P8P8 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	70
Figura 3.24 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Marzo 2010.....	71
Figura 3.25 –Transetto P6P6 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	71
Figura 3.26 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Maggio 2010.....	72
Figura 3.27 –Transetto P3P3 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.....	73
Figura 3.28 – Spessore dell’acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l (acqua dolce). Zona nord. Con mappa della geologia (RER, 1999)	75

Figura 3.29 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l (acqua salmastra). Zona nord. Con mappa della geologia (RER, 1999).....	76
Figura 3.30 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l (acqua dolce). Zona sud. Con mappa della geologia (RER 1999).....	78
Figura 3.31 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l (acqua salmastra). Zona sud. Con mappa della geologia (RER 1999).....	79
Figura 3.32 – Particolare del transetto P1P1. Variazioni dello spessore della zona di mescolamento.....	80
Figura 4.1 - Punti rilevati durante le campagne di monitoraggio.....	83
Figura 4.2 Rete piezometrica della Pineta di San Vitale.....	84
Figura 4.3 (a) Rete piezometrica PnN. (b) Rete piezometrica PnS.....	85
Figura 4.4 Rete piezometrica laboratorio I.G.R.G.	86
Figura 4.5 Punti di rilievo nelle acque superficiali	86
Figura 4.6 – Punti di rilievo con sistema a minifiltri	87
Figura 4.7 - (a) sonda AquaTroll con cavo e P.C. da campagna. (b) Immagine della parte filtrante tra i due <i>straddle packers</i>	89
Figura 4.8 - Profili di salinità con AquaTroll (linea blu) e <i>straddle packers</i> (linea rossa)	90
Figura 4.9 – (a) Carta della tavola d'acqua giugno 2010. b) Carta della tavola d'acqua dicembre 2010.....	93
Figura 4.10 - (a) Profondità m.s.l.m. della soglia 3 g/l Giugno 2010. (b) Profondità m.s.l.m. della soglia 3 g/l Dicembre 2010.....	95
Figura 4.11 - (a) Profondità m.s.l.m. della soglia 15 g/l Giugno 2010. (b) Profondità m.s.l.m. della soglia 15 g/l Dicembre 2010.....	97
Figura 4.12 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Carta Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati V.E.S.	99

Figura 4.13 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati V.E.S	100
Figura 4.14 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con carta dei depositi superficiali, zona sud da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con carta dei depositi superficiali, zona sud da dati V.E.S	102
Figura 4.15 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con carta dei depositi superficiali, zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con carta dei depositi superficiali, zona nord da dati V.E.S,	103
Figura 5.1 - Schema della griglia di un acquifero con il metodo delle differenze finite (Fetter, 2001).....	108
Figura 5.2 – Area modellata con SEAWAT-2000	111
Figura 5.3 – Immagine geologia da modflow	112
Figura 5.4 – Immagine geologia da Rock Works 15.....	112
Figura 5.5 – Principali Canali di drenaggio presenti nell'area modellata	114
Figura 5.6 – Distribuzione della salinità nell'acquifero dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW -SEAWAT 2000. Riga del modello 3D n° 23 (<i>row</i> 23)	116
Figura 5.7 – Particolare di Figura 5.6.....	116
Figura 5.8 - Distribuzione della salinità nelle acque dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW -SEAWAT 2000. Riga del modello 3D n° 54 (<i>row</i> 54)	117
Figura 5.9 – Particolare di Figura 5.8.....	117
Figura 5.10 – Profilo nei campi agricoli nei pressi di Lido Adriano	118
Figura 5.11 – Distribuzione della salinità in sezione nel modello dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW nei pressi di Lido Adriano (Figura 5.10). Riga del modello 3D n° 13 (<i>Row</i> 13)	118

Figura 5.12 - Profilo nei campi agricoli nei pressi di Lido di Dante.....	119
Figura 5.13 - Distribuzione della salinità in sezione nel modello dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW nei pressi di Lido di Dante (Figura 5.12). Riga del modello 3D n° 69 Row 69	119
Figura 5.14 - Particolare del disturbo causato da un canale di drenaggio. Riga del modello 3D n° 75 (row 75).....	120
Figura 6.1 - (a) Tubicini di connessione con la superficie, adattatore e filtro. (b) Adattatore. (c) Rete per filtrare il materiale più grossolano.	125
Figura 6.2 – Tubo guida in PVC con apertura per la connessione del filtro con la superficie ...	125
Figura 6.3 – Minifiltro completo fissato al tubo guida.	126
Figura 6.4 – Sistema con minifiltri completo.....	126
Figura 6.5 – Numerazione dei minifiltri.....	127
Figura 6.6 – Calza di nylon.	127
Figura 6.7 - (a) Trivella manuale. (b) <i>Kit</i> di montaggio della Eijkelkamp.	128
Figura 6.8 – Localizzazione dei punti di sperimentazione con sistema a minifiltri, da Google Earth.	129
Figura 6.9 - Pompa peristaltica.	130
Figura 6.10 – Profili di conducibilità elettrica vs profondità, Ottobre 2010. Vicino al punto di osservazione è riportato il valore osservato. (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3.	132
Figura 6.11 - Profili di conducibilità elettrica vs profondità Dicembre 2010. (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3.....	134
Figura 6.12 – Diagrammi di Piper ricavati dalle analisi chimiche eseguite nei sistemi MF (Tabella 6.3). (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3	136
Figura 6.13 – (a) Confronto tra il contenuto di cloro (Cl) e di sodio (Na). (b) Confronto tra il contenuto di cloro (Cl) e di potassio (K).....	137
Figura 6.14 – Indice BEX (BEX index Stuyfzand, 2008) Vs. Conducibilità elettrica (mS/cm).	138

Figura 6.15 - Profili di conducibilità elettrica vs profondità Agosto 2010. (a) MF 1. (b) MF 2. (c)
MF 3. 140

1 Inquadramento generale

1.1 Introduzione

Il fenomeno dell'intrusione salina all'interno degli acquiferi è ormai riconosciuto come un problema dal punto di vista ambientale, economico e sociale, in Europa (Scheidleger et al., 2004), ed in particolar modo in Italia dove è documentata da numerosi lavori (Barrocu et al., 2001; Cau et al., 2002; Pranzini, 2002; Barrocu, 2003; Scheidleger et al., 2004; Capaccioni et al., 2005; De Luca et al., 2005; Antonellini et al., 2008; Ulazzi et al., 2008). Con il termine "intrusione salina" è comunemente definito il processo per cui le acque marine attuali invadono il sottosuolo nelle fasce costiere (De Breuck, 1991). La costa ravennate rappresenta una zona molto interessante dal punto di vista economico, sociale ed ambientale, in quanto coesistono aree con una destinazione d'uso molto differente: uso agricolo, insediamenti abitativi, stabilimenti balneari, aree boschive, aree di cava e zone umide. Il territorio della costa è caratterizzato dalla presenza di un acquifero freatico costiero all'interno dei depositi sabbiosi. Un acquifero costiero è definito come l'area equivalente al di sotto della superficie, in zone costiere, dove si incontrano acque continentali e acque marine (Post, 2005). L'area di interesse, di questo studio, si estende in direzione N-S dal canale destra Reno al fiume Savio, e in direzione E-O dalla costa fino a 4/5 km verso l'interno. L'area presenta un assetto idrografico molto complesso e completamente controllato dall'uomo, sono presenti fiumi e canali che in passato presentavano un pericolo costante a causa delle inondazioni facilitate dalla topografia che si eleva di poco sul livello medio mare, con ampie zone al di sotto del livello marino sottoposte a drenaggio meccanico per permetterne lo sfruttamento agricolo (Stefani & Vincenzi, 2005). Un ruolo importante è giocato dalle pinete costiere che rappresentano l'ultima testimonianza di aree boschive nella bassa pianura padana. Le pinete costiere sono state impiantate nel XV° sec. (Scossiroli, 1974) sui cordoni di paleodune, in modo da garantire al pino domestico (*pinus pinea*) una zona areata e drenata per lo sviluppo dell'apparato radicale (Veggiani, 1974), poiché tali aree si trovano in una posizione elevata rispetto al territorio circostante. In queste aree spesso la tavola d'acqua in falda è al di sopra del livello marino così da contrastare la presenza di acqua marina secondo il principio di Ghiben-Herzberg (Bear et al., 1999). La presenza delle aree pinetali aveva una duplice funzionalità, la difesa delle aree agricole dell'entroterra dall'azione dello spray marino e la

coltivazione del pinolo da parte delle varie comunità monastiche presenti nell'area (Gambetti, 1994). Le pinete costiere sono state ripiantumate di recente, nel 1933, anche grazie all'azione del Ministro Rava (Malfitano, 2002; Fabbri & Missiroli, 1998). In passato il territorio della costa ravennate è stato interessato da una forte subsidenza sia naturale sia antropica che ha influito negativamente sul già fragile sistema idrologico della regione. Inoltre, va tenuto conto degli eventi siccitosi, che hanno diminuito gli apporti fluviali verso costa (Zinoni et al., 2004; Dillon, 2005). L'obiettivo che si prefigge questo studio, è quello di valutare lo stato d'inquinamento salino delle acque di falda attraverso l'utilizzo di metodologie dirette e indirette, prendendo in considerazione i fattori intrinseci dell'acquifero come la geologia e fattori esterni come le opere antropiche (Canali di bonifica, cave, strade, laghi artificiali) o fattori naturali (precipitazioni meteoriche, zone umide, topografia). Vista la complessità e l'elevato numero di fattori che caratterizzano l'oggetto del nostro studio (l'acquifero costiero), ci siamo anche avvalsi della modellistica numerica. Infine una parte dello studio è servita ad implementare la sperimentazione del nuovo sistema a minifiltri.

1.2 L'area di studio

L'area di studio, situata nella parte Nord del territorio italiano, si colloca nella fascia costiera settentrionale ai margini est della Pianura Padana. L'area si estende, in provincia di Ravenna, per circa 25 km, tra il Canale destra Reno a nord e il Fiume Savio a sud, e per 4/5 km dalla costa adriatica verso l'interno (Figura 1.1).

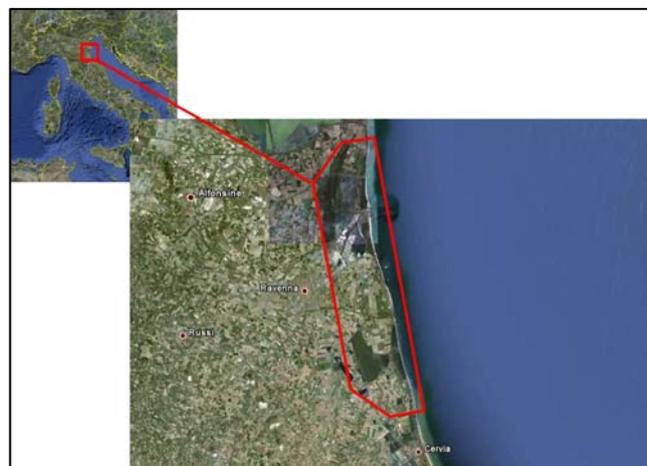


Figura 1.1 – Localizzazione dell'area di studio (da Google Earth).

La striscia di territorio prospiciente la costa, che contiene l'acquifero costiero oggetto di studio, è caratterizzata da un'alta varietà di fattori antropici e naturali:

- Una forte pressione antropica (Insediamenti abitativi, agricoli, industriali, turistici e balneari) che modificano e controllano fortemente lo sviluppo del territorio.
- Aree naturali come: Zone boschive (Pinete), zone umide, laghi, riserve e territori sottoposti a tutela (Parco del Delta del Po, Zone S.I.C. - Z.P.S., Zone Ramsar, Zone sottoposte a vincoli idrogeologici della Forestale) .
- Una topografia caratterizzata da un'elevazione sul livello del mare molto modesta, con ampie aree al di sotto del livello medio marino. Tutto il territorio è soggetto a subsidenza (sottoparagrafo 1.2.4).
- Una complessa storia geologica olocenica.

1.2.1 Inquadramento geologico stratigrafico

L'acquifero costiero ravennate è caratterizzato da sedimenti sabbiosi, vi sono inoltre sedimenti limosi (*aquitard*) e argillosi (*aquiclude*) che si alternano nella sequenza verticale secondo i vari cicli deposizionali che hanno caratterizzato quest'area nel tempo (Amorosi et al., 2004). I primi 150 m dei depositi (Figura 1.2) della porzione più superficiale, corrispondono ai due cicli trasgressivo-regressivi correlabili con la curva glacio-eustatica di Figura 1.3.

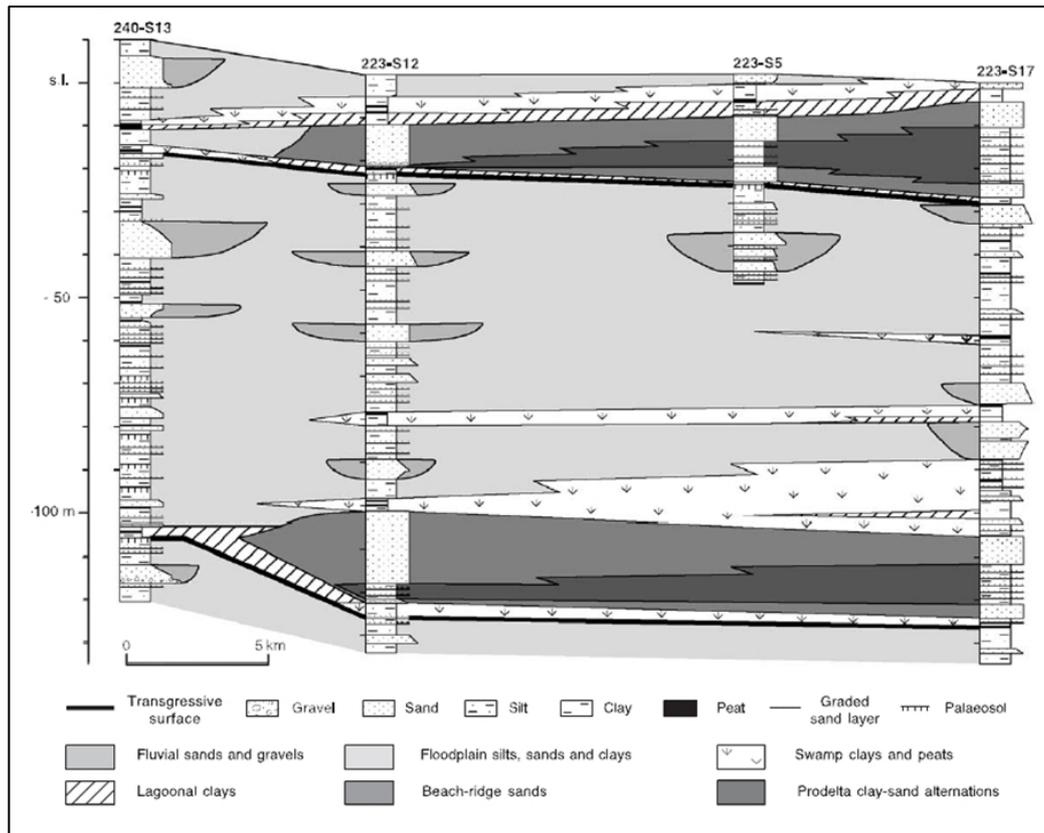


Figura 1.2 – Stratigrafia dei primi 150 m del sottosuolo nella pianura padana sud orientale (da Amorosi et al.2004)

I principali cicli deposizionali (cicli di 4° ordine in Figura 1.3), che interessano la parte più superficiale della fascia costiera della pianura padana, sono stati riconosciuti ed interpretati da Amorosi et al (1999), e sono:

- Fase regressiva (FRST)
- Fase di stazionamento basso (LST)
- Fase trasgressiva (TST)
- Fase di stazionamento alto (HST)

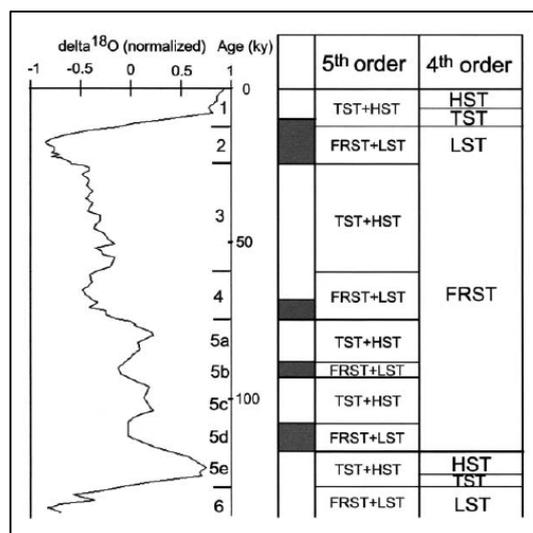


Figura 1.3 – Stratigrafia sequenziale della pianura padana sud occidentale (da Amorosi et al., 2001). Le sequenze di 4° ordine sono messe in relazione con i principali cicli glacio – eustatici, mentre le oscillazioni minori sono correlate con i cicli di 5° ordine.

La fase regressiva (FRST) è caratterizzata da un forte abbassamento del livello marino (fino a circa 120 m) facendo regredire la linea di costa fino a 250 km verso sud – est nel periodo compreso tra 125 ka e circa 30 ka.

Nella fase successiva, di stazionamento basso (LST) che va da 30 ka a 16 ka, l'area nord adriatica diventò una pianura alluvionale con valli larghe e poco incise dove la sedimentazione avvenne solo tra 18 ka e 16 ka.

La fase trasgressiva (TST) (16 ka – 5.5 ka) è caratterizzata da un'ingressione marina, che raggiunse il massimo nel Flandriano (Olocene) (Correggiari et al, 1996), e vide spostarsi verso l'interno (Ovest) gli ambienti sedimentari di barriera-laguna. La sedimentazione che si è avuta in questo periodo consiste in pelite organica in facies di zona palustre e/o lagunare (in verde in Figura 1.4), facies interpretata da molti autori come corrispondente allo stadio iniziale del moderno delta del Po (Amorosi et al., 1999; Bondesan et al., 1995a; Rizzini, 1974).

L'ultima fase, cioè quella di stazionamento alto (HST), corrisponde ad una forte progradazione del delta del Po dovuta ad un maggior apporto di sedimenti fluviali e ad un aumento dell'erosione combinati con la subsidenza. In contemporanea alla progradazione del Fiume Po corrisponde la messa in posto di sabbie di fronte deltizia/cordoni sabbiosi e

alternanza di peliti e sabbie fini di prodelta (rispettivamente in giallo e azzurro, Figura 1.4). messi in posto sopra la pelite organica che rappresenta la massima ingressione marina dell'area (Marchesini et al., 2000). L'ambiente sedimentario cambiò da continentale (in facies: piana alluvionale, fluviale, zona palustre) a marino nel tardo Pleistocene (ca 18000 a; Figura 1.4).

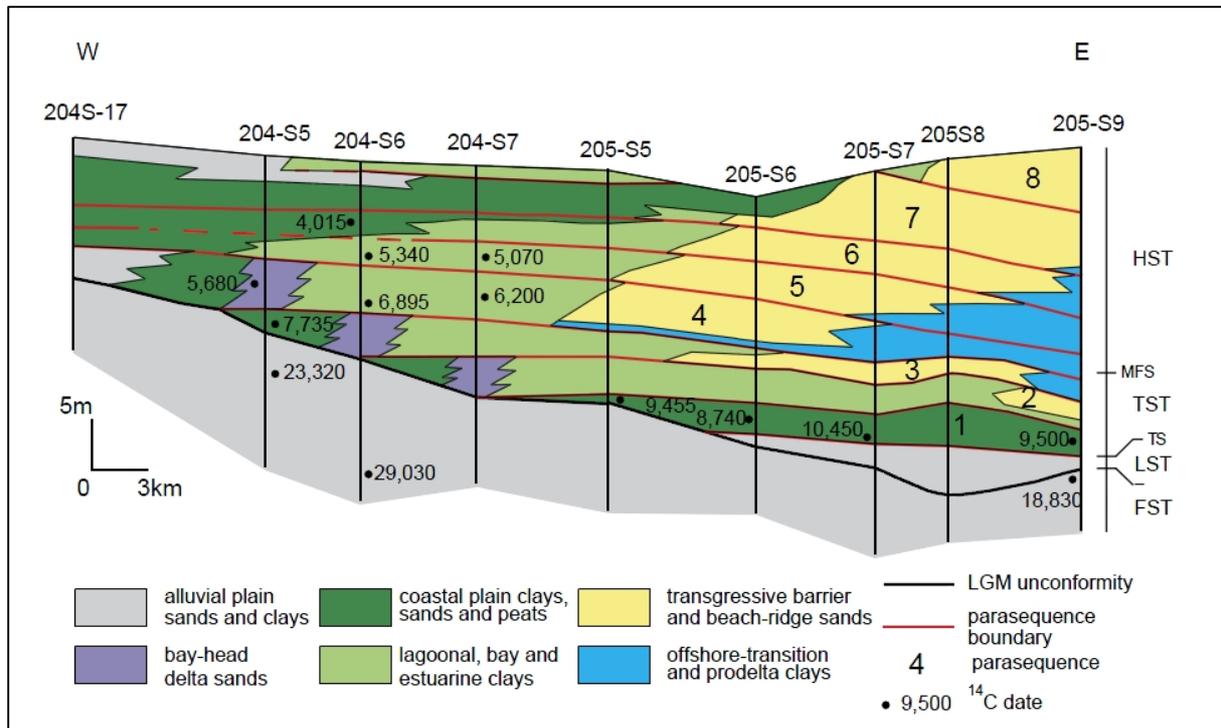


Figura 1.4 – Sezione della pianura padana sud orientale che mostra la sequenza trasgressivo-regressiva suddivisa in 8 cicli minori (da Amorosi et al. 2005)

Negli ultimi 2000 anni si registrano oscillazioni minori del livello marino (cicli di 5° ordine Figura 1.3) che hanno causato la deposizione di cordoni e dune sabbiose, localmente intercalati con sottili livelli di limo e argilla in facies di retroduna (Amorosi et al., 1999). All'interno della sequenza trasgressivo-regressiva più recente, nella porzione sud orientale della pianura padana che coincide con l'acquifero oggetto di studio in questo lavoro, sono riconoscibili 8 cicli minori della durata di 1000 anni circa e con spessori di 3-5 m (Figura 1.4) (Amorosi et al., 2005).

1.2.2 Evoluzione recente della costa

Lo studio dell'evoluzione storica della linea di costa nel ravennate, documentata in letteratura (Ciabatti, 1968; Veggiani, 1974), in tempi storici ci racconta di un'area, quella di studio, che ha subito in poco tempo (400 anni circa) un cambiamento radicale, passando da ambienti sedimentari lagunari salmastri ad ambienti continentali solo in epoca recente (1800 circa) (Figura 1.5).

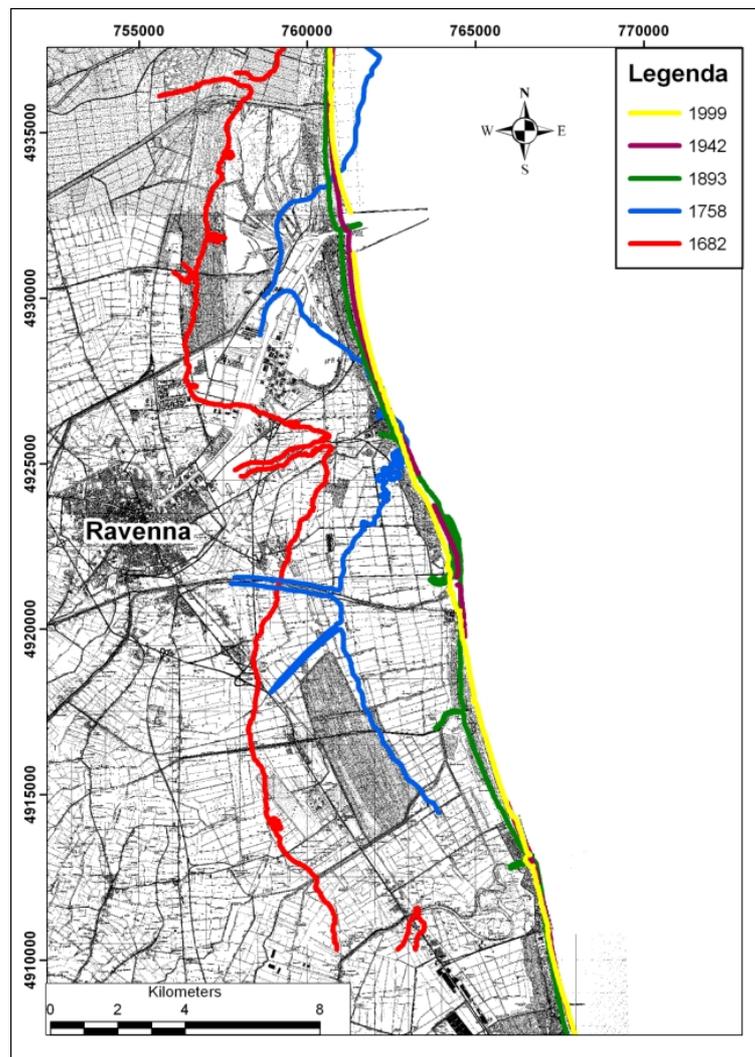


Figura 1.5 – Evoluzione della linea di costa nell'area di studio, ricostruita da cartografia storica. (Master Plan, 2005)

Dalla Figura 1.5 è possibile vedere come la linea di costa sia avanzata, nelle aree in cui il fenomeno è stato più forte come ad esempio in corrispondenza della Pineta di Classe, anche di 5 km. Uno dei fattori che negli ultimi 150 anni hanno permesso l'emersione di molte aree costiere, nell'intera regione del delta del Po, è l'opera di bonifica (Stefani & Vincenzi, 2005), effettuata per permettere lo sfruttamento agricolo delle terre. Altro fattore molto importante fu la canalizzazione e rettifica di tutte le aste fluviali, in modo da prevenire le inondazioni e recuperare terreno agricolo. Oggi quasi tutte le spiagge lungo la costa adriatica sono in una fase erosiva (Bondesan et al, 1995b)

1.2.3 Uso del suolo

L'area di studio presenta un uso del suolo molto diversificato. Dalla carta dell'uso del suolo della Regione Emilia Romagna (Figura 1.6), si può vedere, infatti, il numero di tipologie diverse che compongono il mosaico dei colori e la legenda esplicativa, con una netta prevalenza dell'uso agricolo soprattutto nella parte sud.

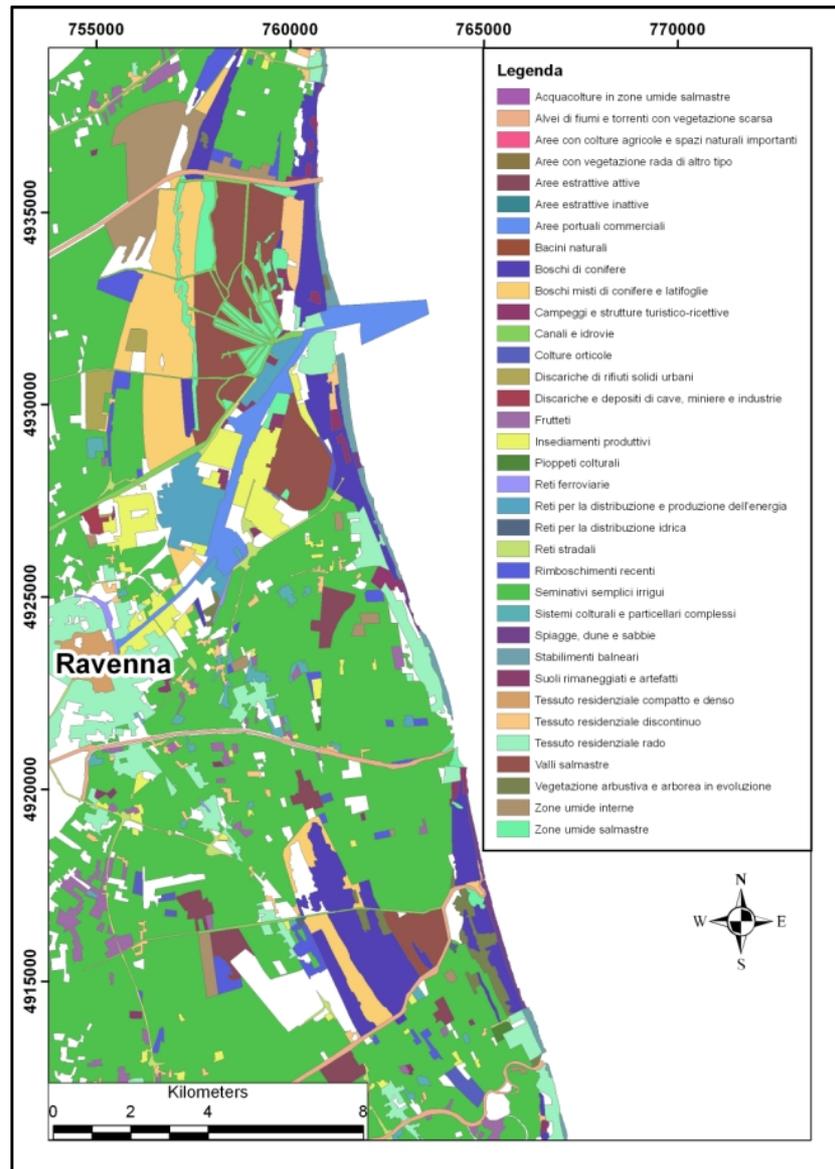


Figura 1.6 – Carta dell'uso del suolo dal sito della Regione Emilia-Romagna (Modificato da RER sito web (a) accesso il 27/10/2011.

Raggruppando le varie classi in grandi categorie possiamo dire che sono presenti:

- Aree agricole
- Aree naturali (Boschi)
- Aree umide
- Insediamenti urbani
- Insediamenti Industriali
- Cave

- Laghi
- Stabilimenti balneari

1.2.4 Subsidenza

Il territorio ravennate è stato interessato da vistosi fenomeni di subsidenza che hanno influito negativamente su un sistema già molto fragile. La subsidenza può avere origini sia naturali sia antropiche (Bau' et al., 2000; Teatini et al., 2006). La subsidenza, nell'area oggetto di studio, è legata a cause tettoniche profonde e a compattazione differenziata dei sedimenti plio-quaternari (Selli & Ciabatti, 1977; Venturini, 1966; Amorosi et al., 2002). Nella piana ravennate si hanno circa 2/3 mm anno di abbassamento del piano campagna dovuto alla compattazione naturale, alla quale si sono aggiunti ulteriori abbassamenti in seguito l'estrazione di gas dal sottosuolo e l'estrazione di acqua per usi industriali (fino agli anni '70) (Gambolati et al., 1991; Gambolati & Teatini, 1998; Carminati et al., 2002). Altro fattore che ha influito sulla subsidenza è stato l'arginatura delle aste fluviali, in quanto i fiumi non potendo più divagare liberamente per la piana esondabile non riforniscono più il territorio con nuovi apporti solidi sedimentari. Il processo ha raggiunto il suo punto più critico negli anni dal 1972 al 1977 con valori medi di 40 mm/anno (Figura 1.7) in corrispondenza di tutta l'area comunale di Ravenna, e di 50-60 mm/anno nell'area della Pineta di San Vitale. Tra il 1972 ed il 1973 vennero registrati i valori massimi pari anche a 110 mm/anno in corrispondenza dell'area industriale (Teatini et al., 2005).

La subsidenza è diminuita dagli anni '80, fino ad arrivare ad oggi con tassi minori dei 3 mm/anno (Preti, 2000). Anche se bisogna riportare un abbassamento marcato in prossimità della costa dovuta ai pozzi di estrazione "Dosso degli Angeli" e "Angela Angelina" con valori di circa 10 mm/anno. Il miglioramento che si è avuto è imputabile sicuramente alla chiusura di alcuni pozzi di estrazione di acqua e la sostituzione dell'approvvigionamento idrico, prelevando le acque superficiali dal Fiume Lamone e dalla diga di Ridracoli per usi idropotabili e dal Po per quelli agricoli (canale CER) anziché utilizzare acque sotterranee (Preti, 2000).

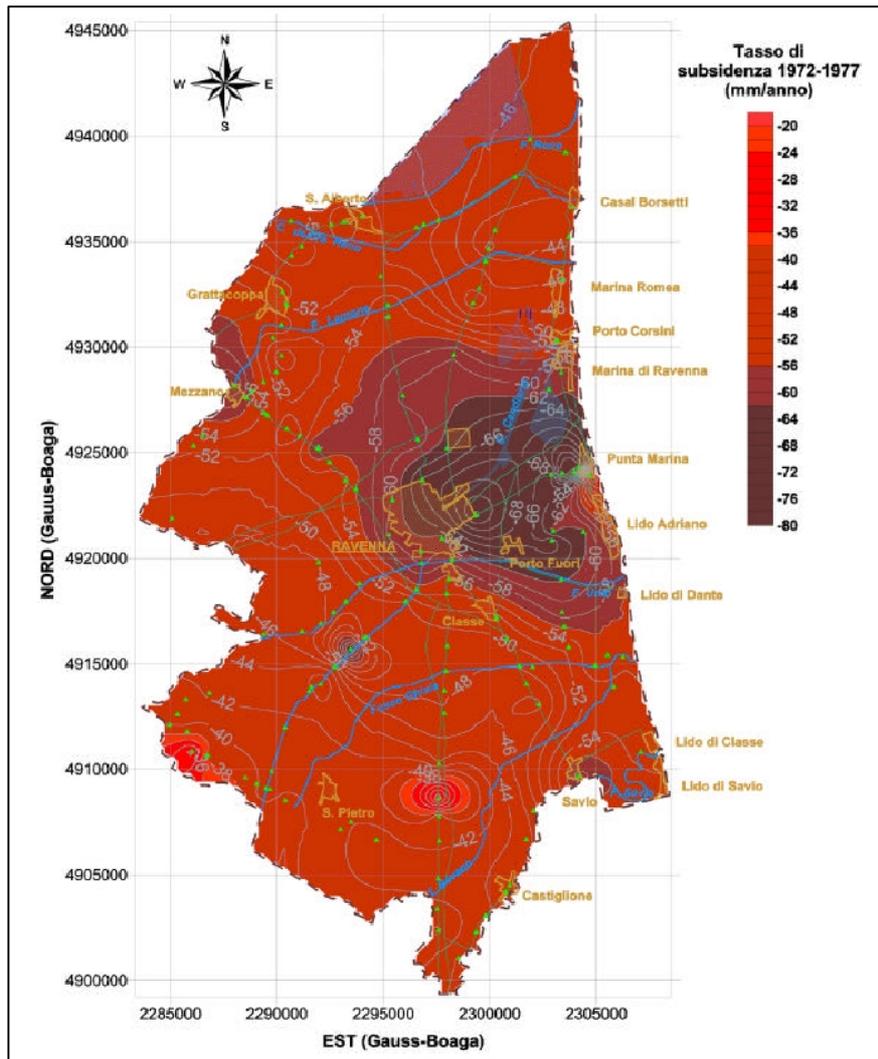


Figura 1.7 – Tassi di subsidenza nel periodo 1972-1977 nel comune di Ravenna (Fonte Servizio Geologico – Comune di Ravenna, 2006)

Un lavoro di Carbognin et al. (1984) ha dimostrato una correlazione tra l'entità della depressurizzazione degli acquiferi e l'entità della subsidenza. Infatti, i maggiori abbassamenti si sono avuti in corrispondenza della zona industriale dove avvenivano prelievi concentrati.

1.2.5 Sistema di bonifica

Il sistema di bonifica ravennate è gestito dal Consorzio di Bonifica della Romagna Centrale. Tutto il territorio dell'area di studio è sottoposto a bonifica, cioè a pompaggio meccanico

verso mare delle acque raccolte attraverso una fitta rete di canali di scolo. Il drenaggio è suddiviso in bacini, ogni bacino ha un sistema di sollevamento (pompa idrovora) (Figura 1.8) che immette le acque drenate in un canale che le scarica a mare. Il fine della bonifica in queste terre è di abbattere la piezometrica, in modo da ottenere un buon franco di coltivazione indispensabile per lo sviluppo di un'economia agricola (Stefani & Vincenzi, 2005).

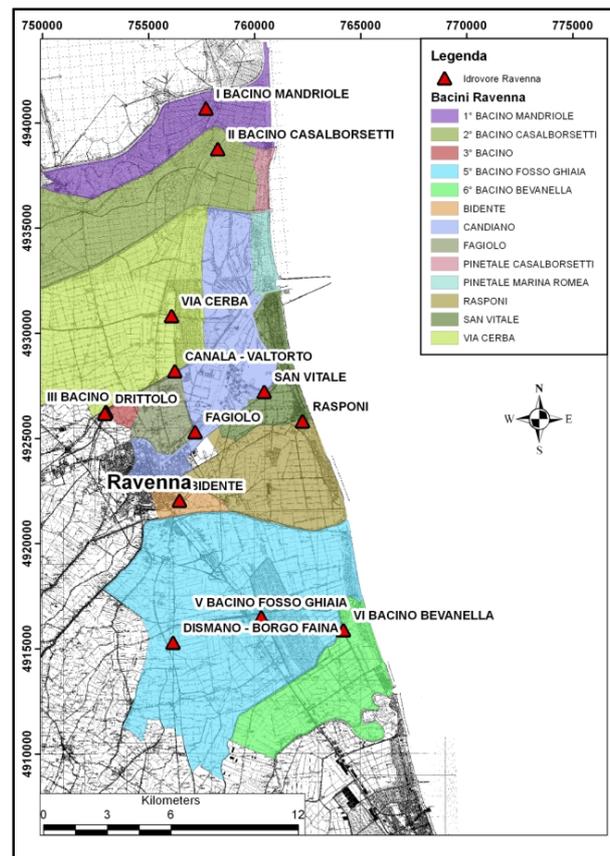


Figura 1.8 – Carta dei bacini di drenaggio e delle idrovore della costa ravennate.

1.2.6 Gli acquiferi Emiliano-Romagnoli

Gli acquiferi nella Regione Emilia-Romagna sono presenti sia nei depositi di conoide e di pianura (Figura 1.9), che più in profondità nel sottosuolo (Figura 1.10), e possono essere suddivisi in tre grandi gruppi chiamati A, B e C (R.E.R. & ENI-AGIP 1998) separati verticalmente da strati impermeabili, e classificati in base a profondità, spessore e produttività idrica (Provincia di Ravenna 2000). Ogni gruppo è composto di più acquiferi minori.

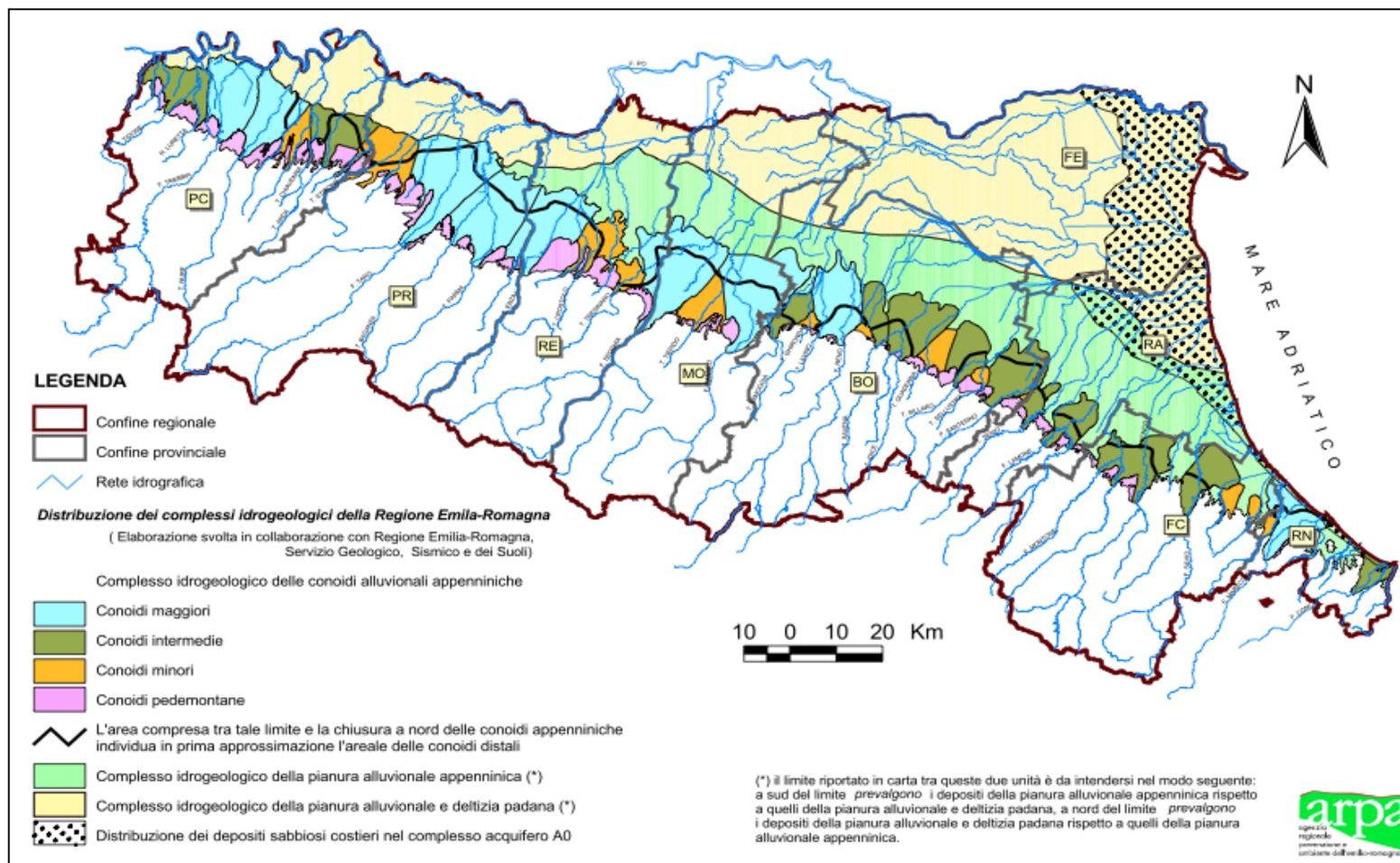
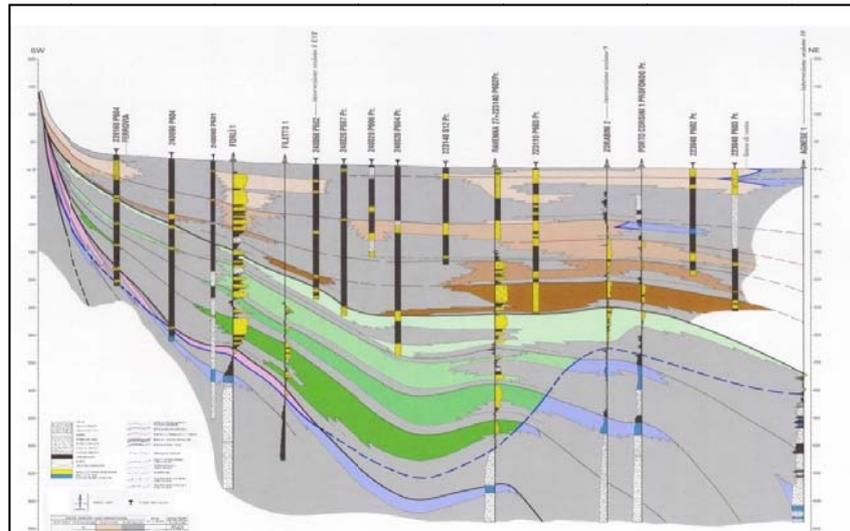


Figura 1.9 - Distribuzione in pianta delle conoidi, degli acquiferi di pianura e dell'acquifero costiero A0. (RER 2005, Piano di Tutela delle Acque)

La geometria interna e le caratteristiche petrofisiche di queste Unità Idrostratigrafiche (ciascun gruppo acquifero) sono il prodotto della storia tettonica e deposizionale del bacino sedimentario. Ogni unità rappresenta un corpo geologico con una certa estensione areale in cui ha sede un sistema idrologico ragionevolmente distinto, di tipo sequenziale caratterizzato da una o più sequenze deposizionali e comprensivo di un livello geologico basale scarsamente permeabile o impermeabile di tipo continuo (R.E.R. & ENI-AGIP, 1998).



UNITÀ IDROSTRATIGRAFICHE				ETÀ	SCALA CRONO-STRATIGRAFICA
GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSI ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	SISTEMA ACCUMULATIVO	(milioni di anni)	(milioni di anni)
A	A1			- 0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE 0.125
	A2				
	A3				
	A4				
B	B1			- 0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO
	B2				
	B3				
	B4				
C	C1			- 0.85	PLEISTOCENE INFERIORE 0.85 1.75 2.2 2.85 3.9
	C2			- 0.8	
	C3			- 1.0	
	C4			- 2.2	
	C5			- 3.9	
ACQUIFERO BASALE					
SISTEMA ACQUIFERO SATURO D'ACQUA SALINATA/AMARA					

Figura 1.10 - Sezione idrostratigrafica n° 29. Esagerazione verticale 50x. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli webgis (da R.E.R. & ENI-AGIP 1998)

Le sabbie che compongono gli acquiferi hanno generalmente uno spessore di 25/30 m ed uno sviluppo areale alla scala della decina di chilometri (RER, 2003)

L'acquifero oggetto di studio in questo lavoro è il più superficiale ed è classificato come acquifero A0.

Dal Dlgs n. 152/06 la qualità delle acque sotterranee, nella Regione Emilia-Romagna, è suddivisa in classi che vanno da 0 a 5, che hanno come parametri le caratteristiche chimiche misurate e la pressione antropica che subisce l'acquifero. Gli acquiferi più a rischio sono quelli superficiali freatici, come nel caso di questo studio, poiché a contatto diretto con le azioni antropiche attuali (agricoltura, industria ed aree urbane) che possono rilasciare in falda inquinanti di vario tipo. Gli acquiferi profondi, quando non connessi con zone di ricarica superficiali, hanno un impatto antropico nullo e sono soggetti solo ai meccanismi idrochimici e idrobiologici naturali. L'acquifero costiero ravennate è considerato di scarso valore qualitativo e le sue acque non sono impiegate per uso potabile. C'è da considerare, però, che l'acquifero freatico costiero rappresenta la riserva d'acqua a cui fa riferimento l'intero ecosistema ambientale (flora e fauna) presente lungo la costa adriatica della parte meridionale della pianura padana. Perciò, il valore delle acque presenti in falda è molto elevato poiché da essa dipende la salute delle specie vegetali presenti (Adams, 1995; Antonellini et al., 2009; Antonellini et al., 2010a) e quindi delle specie animali.

1.3 Lavori pregressi

L'area della costa ravennate è stata oggetto di numerosi studi riguardanti l'intrusione salina all'interno dell'acquifero costiero, la quale è stata analizzata sotto diversi aspetti. Da uno studio effettuato sulla Pineta di San Vitale, si è visto che la pineta ha un effetto negativo sulla salinità delle acque di falda, poiché l'apparato radicale opera un continuo pompaggio che facilita la risalita di acqua salata dal fondo dell'acquifero (Giambastiani, 2007). La subsidenza naturale ed antropica, maggiormente durante gli anni '70 e '80, ha abbassato di molto la topografia dell'area portando ampie porzioni di territorio sotto il l.m.m., aggravando di fatto il problema della mancanza di cospicui gradienti idraulici che facessero defluire la falda verso mare. Inoltre, si è riscontrato l'abbassamento o l'eliminazione dei cordoni di dune costiere che contenevano una falda freatica il cui carico idraulico poteva contrastare l'ingresso di acqua marina. Il sistema di drenaggio deprime la falda diminuendo il carico idraulico che non è più in grado di contrastare l'ingresso di acqua salata dal fondo o lateralmente dalla Piallassa (Laguna). Infine, si è rilevata una frammentazione e la scarsa coordinazione degli enti preposti alla gestione delle acque (Giambastiani, 2007; Giambastiani

et al., 2007; Giambastiani et al., 2009). Da un lavoro pubblicato di Antonellini et al. (2008) viene valutata l'intrusione salina prendendo in considerazione la subsidenza, e quindi la topografia, e la profondità della tavola d'acqua e della salinità in falda. Ne risulta che l'acquifero costiero situato a sud del delta del Po' presenta, per quasi tutta la sua estensione aree che si trovano poco al disopra o al disotto del livello del mare. Per cui la subsidenza, la distruzione delle dune costiere, l'erosione costiera e la mancanza di apporti sedimentari fluviali dal 1950 ad oggi non permettono la presenza di un livello di falda, e quindi di un carico idraulico, che contrastino l'ingressione marina in accordo con il principio di Ghijben-Herzberg. Solo in un'area, la Pineta di Classe, si registra la presenza di acqua dolce in quanto siamo in presenza di una topografia relativamente elevata che permette un'altezza in media della tavola d'acqua di 2,00 m.s.l.m.. Inoltre, nell'area della Pineta di Classe è presente un cordone continuo di dune, e si trovano conducibilità idrauliche inferiori (7,7 m al giorno) rispetto alle aree limitrofe (24 m al giorno). La ricarica è fortemente condizionata dalla presenza di aree pinetali in superficie, poiché con il clima che presenta temperature medio alte, incide molto sull'evapotraspirazione (Antonellini et al., 2008). Altri lavori (Marconi et al., 2008; Marconi, 2011) si sono occupati dell'effetto della vegetazione e del drenaggio sulla salinizzazione dell'acquifero costiero compreso tra foce Fiumi Uniti e foce Fiume Bevano. Si è evidenziato che il bilancio idrologico è differente per le varie aree a diversa destinazione (aree naturali, aree agricole e corpi d'acqua superficiali). Per i corpi d'acqua superficiali il bilancio è molto negativo nei periodi estivi molto caldi con tassi di evaporazione fino a 5 mm/ora, nelle aree naturali è negativo nel periodo estivo e prossimo a zero nei mesi invernali e per le aree agricole l'infiltrazione, conseguenza dell'irrigazione (canali d'irrigazione) nei mesi estivi dei campi coltivati ad ortaggi, riesce a contrastare l'evaporazione creando così in falda lenti di acqua dolce nelle aree interessate. La tavola d'acqua è generalmente sotto il l.m.m. e si presenta più bassa in estate rispetto ai mesi invernali, nel complesso il monitoraggio indica (Marconi, 2011). un flusso dalle aree di duna e naturali verso le aree interne (ovest). Le analisi chimiche effettuate sui campioni prelevati indicano una composizione dell'acqua prevalentemente cloruro-sodica, e che nell'acquifero è in corso prevalentemente un processo di salinizzazione. (Marconi, et al. 2008; Marconi, 2011). Infine, un altro studio ha preso in considerazione l'interazione dei fiumi della piana con l'acquifero costiero, prendendo ad esempio il Fiume Lamone, si è visto che in condizioni stabili (portate fluviali dell'ordine di 5 – 8 m³/sec e condizioni marine nella media), della massa d'acqua

presente nell'estuario circa il 70 % è composto da acqua di mare. Altro fattore importante, che influenza l'ingresso di acqua marina all'interno dell'asta fluviale, è la topografia del fondale. Le già bassissime pendenze naturali, che caratterizzano i fiumi padani, nel Fiume Lamone sono invertite presentando gradienti dal mare verso l'interno. Il Fiume, nonostante presenti al fondo un deposito fine a bassa permeabilità che raramente viene mobilitato da piene significative, risulta connesso con l'acquifero in una zona dove ci sono sabbie affioranti (Località Bardello). Per cui sono stati calcolati i flussi d'acqua che si mobilitano in entrambe le direzioni, con risultati dell'ordine di $0,5 \text{ m}^3/\text{giorno}$ per metro lineare. Bisogna ricordare che il fiume rilascia nell'acquifero acqua salmastra fino a sei chilometri nell'entroterra (Laghi et al., 2009, Laghi, 2010, Laghi et al., 2010).

1.4 Progetto Coastal Salt-Water Intrusion (C.S.I.)

Il progetto Coastal Salt Water Intrusion (C.S.I.), di cui il mio percorso di Dottorato fa parte, nasce da una sinergia tra l'Università di Bologna, l'ENI e il Comune di Ravenna. Lo studio è concentrato sull'acquifero costiero, in particolare sull'intrusione salina che è molto presente all'interno della falda freatica. Il progetto C.S.I. ha coinvolto tutto il personale del Laboratorio I.G.R.G. (*Integrated Geosciences Research Group*) dei Laboratori "Renzo Sartori" presso il Dipartimento di Scienze Ambientali di Ravenna. Al fine di conoscere bene i meccanismi che governano e influenzano l'intrusione salina all'interno dell'acquifero freatico costiero, e per comprendere gli effetti che la salinizzazione delle acque sotterranee provoca sul territorio e sull'ambiente, lo studio ha seguito più strade utilizzando diverse metodologie. Infatti, sono stati eseguiti:

- Monitoraggio e caratterizzazione geofisica dell'acquifero
- Monitoraggio e caratterizzazione geochimica dell'acquifero
- Caratterizzazione litostratigrafica dell'acquifero
- Modellistica analitica e numerica 2D e 3D dell'intrusione salina
- Studio sugli effetti della salinizzazione dell'acqua sulla vegetazione e sulla fauna
- Studio sugli effetti della salinizzazione dell'acqua sul suolo

Nei prossimi capitoli è riportato il lavoro svolto da me (con il supporto di tutto il personale del lab. I.G.R.G.) durante questi tre anni di Dottorato.

2 Caratterizzazione litologica dell'acquifero costiero

2.1 Piezometri della rete di monitoraggio

La ricarica naturale e lo stato di salute dell'acqua sotterranea sono strettamente connessi con la geologia presente nell'acquifero. È, inoltre, noto in letteratura (Harris, 1967; Fetter, 1972; Simmons, 1986; Collins and Easley, 1999; Anderson et al., 2000; Schneider and Kruse, 2005; Antonellini et al., 2008) che la distribuzione della salinità negli acquiferi freatici è fortemente condizionata dalle variazioni litostratigrafiche.

Al fine di aumentare le conoscenze sulla litologia presente nell'area di studio è stata effettuata una ricostruzione litologica basandosi sulle conoscenze pregresse derivanti dalla letteratura (Vedi Capitolo 1). Sono state programmate ed eseguite due campagne di trivellazioni con lo scopo di installare una nuova serie di piezometri, distribuiti all'interno dell'intera area del progetto C.S.I. (Coastal Salt Intrusion)(Figura 2.1), e di raccogliere, quindi, informazioni sui tipi di deposito esistenti nel sottosuolo.

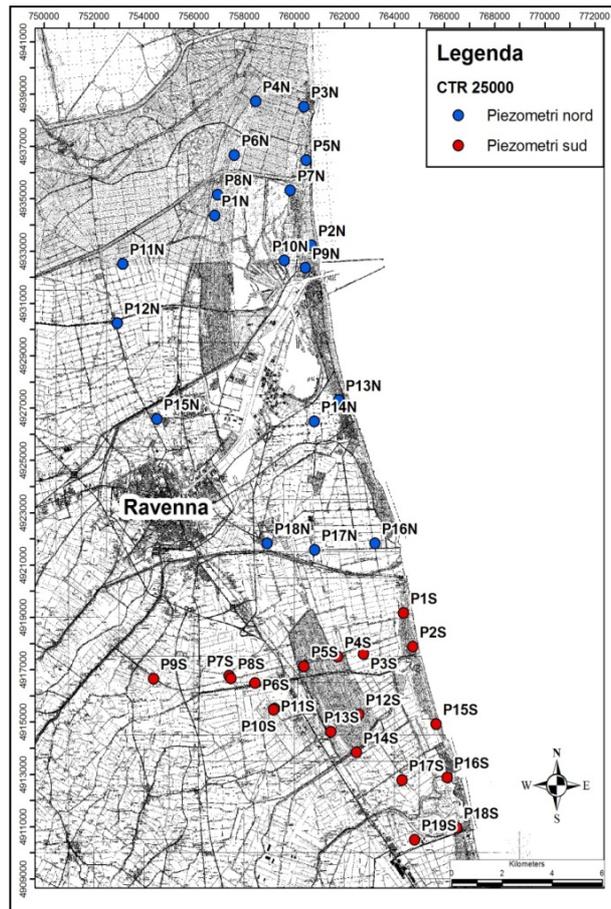


Figura 2.1 –Distribuzione dei nuovi piezometri all'interno dell'area di studio

2.1.1 Messa in posto dei nuovi piezometri della rete di monitoraggio

Vista l'ampiezza dell'area di studio e il numero di trivellazioni da eseguire, si è ritenuto opportuno dividerla in due zone. Le due zone hanno come limite fisico il corso dei Fiumi Uniti che funge da confine verso sud per la Zona nord, e da confine verso nord per la Zona sud (Figura 2.2).

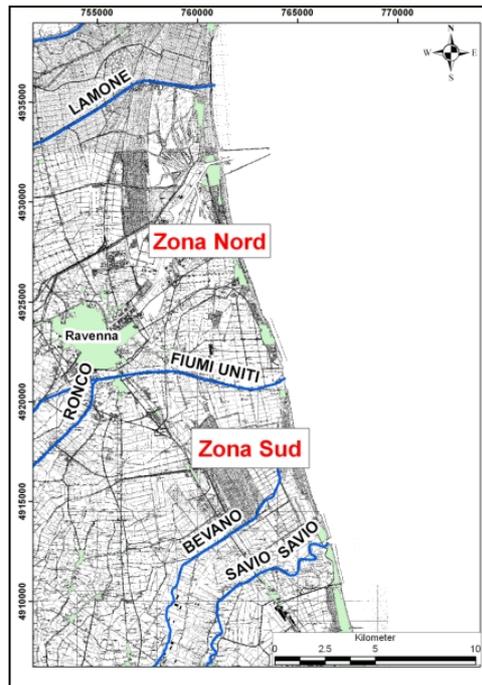


Figura 2.2 –Divisione delle zone

L'installazione della nuova serie di 37 piezometri si è svolta in due campagne di lavoro, la prima nella zona sud nel mese di aprile 2010 e la seconda nella zona nord nel mese di settembre 2010. I piezometri sono stati installati dalla società contrattista SOGEO con una trivella a rotazione continua a conservazione di nucleo e con utilizzo di acqua per l'estrusione delle carote dal primo metro in poi. Le trivellazioni effettuate hanno diverse profondità finali a seconda della necessità di installare un piezometro profondo o di arrivare al basamento argilloso pre-flandriano che delimita l'acquifero verso il basso. Il basamento argilloso ha una profondità variabile tra i - 30 m in prossimità della costa per poi diminuire di profondità verso ovest. In Tabella 2.1 sono riportate le coordinate in ED 50 e le profondità raggiunte dalle varie trivellazioni. Tutti i punti sono stati quotati, tramite un rilievo accurato con tecnologia G.P.S. e più campagne di rilievo tramite livella elettronica, ed hanno una precisione di ± 1 cm.

Nome	EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)	Profondità sondaggio (m s.l.m.)
P1N	756807.48	4934366.06	1.37	-16.63
P2N	760668.40	4933232.80	0.99	-17.01
P3N	760381.45	4938526.99	0.54	-11.46
P4N	758446.89	4938727.49	1.7	-29.8
P5N	760460.06	4936488.61	0.18	-11.82
P6N	757600.27	4936679.36	1.46	-10.54
P7N	759833.02	4935328.27	1.31	-13.69
P8N	756932.01	4935171.70	1.42	-27.58
P9N	760436.70	4932363.12	0.2	-11.8
P10N	759592.02	4932644.06	0.37	-20.63
P11N	753140.01	4932513.73	1.50	-24.5
P12N	752920.12	4930257.03	0.59	-27.41
P13N	761765.86	4927309.88	1.52	-18.48
P14N	760792.33	4926497.30	-0.13	-27.13
P15N	754506.44	4926582.58	-0.41	-20.41
P16N	763214.43	4921836.14	0.41	-11.59
P17N	760805.69	4921582.97	0.85	-26.15
P18N	758917.63	4921832.55	0.45	-23.55
P1S	764351.39	4919175.25	0.15	-26.85
P2S	764728.67	4917881.88	0.46	-27.54
P3S	762750.81	4917607.11	0.29	-24.01
P4S	761715.33	4917496.18	-0.08	-25.08
P5S	760382.55	4917138.23	0.94	-24.06
P6S	758429.38	4916489.64	-0.51	-21.51
P8S	757463.25	4916777.59	0.07	-17.43
P9S	754369.20	4916678.41	2.89	-7.11
P10S	759209.20	4916654.87	-2.20	-22.2
P11S	759158.64	4915518.49	-2.08	-17.08
P12S	762567.78	4915480.88	0.59	-21.91
P13S	761462.61	4915303.34	0.68	-20.32
P14S	762477.43	4914638.40	0.94	-24.06
P15S	765656.70	4913842.10	1.20	-22.8
P16S	766099.54	4914924.15	0.77	-24.23
P17S	764292.03	4912891.70	0.65	-19.35
P18S	766485.38	4912789.64	1.68	-23.32
P19S	764793.82	4910964.87	0.70	-24.3

Tabella 2.1 – Dati piezometri della nuova rete di monitoraggio

2.2 Raccolta dati litologici

La raccolta dei dati litologici delle carote recuperate, grazie alle due campagne di installazione piezometrica, è avvenuta in campo prendendo informazioni visive e tattili dei sedimenti presenti facendone una descrizione speditiva.

Le informazioni raccolte in campo sono:

- Profondità
- Classe granulometrica predominante
- Eventuali altre classi granulometriche presenti
- Colore
- Consistenza
- Materia organica
- Note

Tutti i dati delle carote sono stati raccolti in fogli di calcolo Excel™ Figura 2.3. Ogni foglio/scheda informativa è corredata con le foto di tutte le cassette contenenti i campioni (Figura 2.4). In Appendice 9.1 sono riportati tutti i dati raccolti in campagna utilizzati per la ricostruzione litologica.

2 Caratterizzazione litologica dell'acquifero

Nome	P15	Località	Pineta Costiera - Lido di Dante	Data misura quota	08/03/2011
Quota B.P. (m s.l.m.)	0,36	Quota P.C. (m s.l.m.)	0,15	Note	
CANTIERE	C.S.I.		PROFONDITA' SONDAGGIO	27 m	
DATA	22/04/2010		PROFONDITA' PIEZOMETRO da T.P.	27 m	
PUNTO	P15_2010		GEOLOGO DI CANTIERE	Donato Capo	
COORDINATE (ED50)	E 764351,390734	N 4919175,251410	Altezza s.l.m.m. (DEM provincia 2010)	0,94 m	
PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	COLORE	CONSISTENZA	MATERIA ORG.	NOTE
0	0-7_ Sabbia medio fine	Marrone chiaro	Scarsamente addensata	Si, scarsamente concentrata	Radici fino a 1.8m. 1m di terreno vegetale. A 1.1m, 1.5 e a 1.7m sostanza organica
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7	7-8_ Sabbia fine limosa con argilla	grigio	Mediamente addensata	No	
8	8-18.6_ Argilla limosa con livelli sabbiosi	grigio	Consistente	Nei livelli sabbiosi più grossolani, A metri 16.3 livello scuro organico in matrice sabbiosa	presenza di conchiglie a metri 15.2, 16.6, 18.4.
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18	18.6-22_ Sabbia fine limosa	grigio	Mediamente addensata	No	
19					
20					
21					
22	22-24.8_ Limo sabbioso con argilla	grigio	Mediamente consistente	No	
23					
24	24.8-25.2_ Argilla	Grigio chiaro	Consistente	Da 25 a 25.2m accumulo di sostanza organica	
25	25.2-26.8_ Argilla sabbiosa	Grigio chiaro	Mediamente consistente		Segni di ossidazione
26	26.8-27_ Argilla	Grigio chiaro	Molto consistente		Ossidazione
27					

Figura 2.3 –Schema per la raccolta dei dati litologici



Figura 2.4 –Cassette per la raccolta delle carote

2.3 Dati geognostici Regione Emilia-Romagna

Per procedere alla ricostruzione litologica dell'area di studio si è attinto ai dati da più fonti. La gran parte dei dati si è ottenuta dalle campagne di trivellazione illustrate nei paragrafi precedenti, altre informazioni riguardanti la litologia provengono dai sondaggi geognostici (sondaggi a carotaggio continuo) della banca dati del sito della Regione Emilia-Romagna (Figura 2.5) (RER sito web (b)).

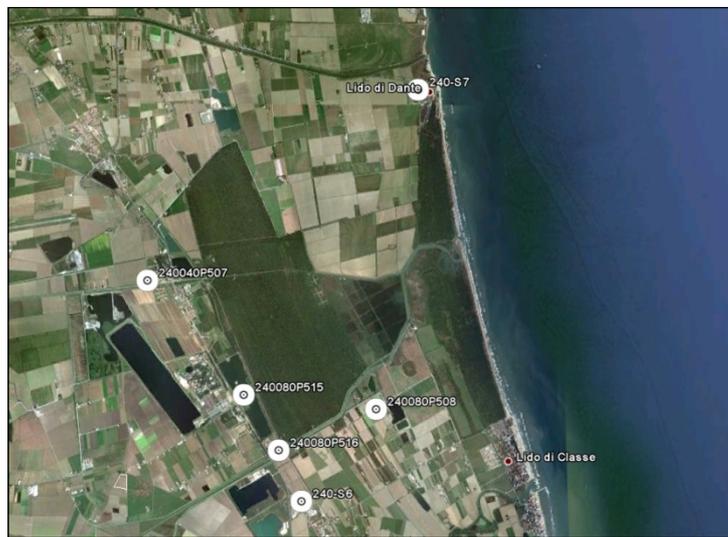


Figura 2.5 - Piezometri Regione Emilia Romagna. Da Google Earth

Nome	EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità sondaggio da p.c.
240040P507	759157.45	4916601.24	0	-25
240080P508	763554.68	4914340.93	0.9	-28.1
240080P515	761055.46	4914511.99	0	-26.4
240080P516	761755.13	4913491.14	1.9	-27.6
240-S5	759859.87	4911620.71	2	-24.8
240-S6	762221.35	4912543.4	1	-25
240-S7	764103.15	4920408.84	0.9	-28.1
240-S8	765611.04	4909558.39	1	-22.4

Tabella 2.2 - Dati dei piezometri della Regione Emilia Romagna

2.4 Dati litologici Lab. I.G.R.G.

Nel 2006 è stata effettuata dalla SOGEO, per conto del comune di Ravenna, una campagna di installazione piezometrica all'interno della Pineta di San Vitale (Figura 2.6). Dalle trivellazioni si sono ottenute informazioni sui sedimenti che sono state utilizzate per la costruzione dei vari modelli litologici.



Figura 2.6 – Piezometri campagna 2006. Da Google Earth

Nome	EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità sondaggio da p.c. (m)
PZSV23	756298.090470	4930655.908310	0.65	-14.35
PZSV24	756659.794990	4931262.314390	0.65	-14.35
PZSV26	755821.452196	4930393.400100	0.07	-14.93
PMSV6P	756590.000058	928675.000070	0.62	-26.38
PMSV7P	756882.000077	930637.999997	0.44	-26.56
PMSV8P	757484.000042	929151.000011	1.00	-26

Tabella 2.3 – Dati dei piezometri della campagna d'installazione in Pineta di San Vitale del 2006

2.5 Omogeneizzazione dei dati

Poiché le informazioni utilizzate per la ricostruzione litologica hanno fonti diverse si è dovuto ricorrere ad una omogeneizzazione dei dati per poter operare in modo univoco alla creazione degli elaborati grafici. Partendo dai sondaggi geognostici si è considerata la descrizione della classe granulometrica principale (Figura 2.7), tralasciando le classi secondarie presenti nella didascalia descrittiva, in modo da ottenere un modello semplice ma esplicativo delle condizioni di permeabilità dell'acquifero a grande scala.

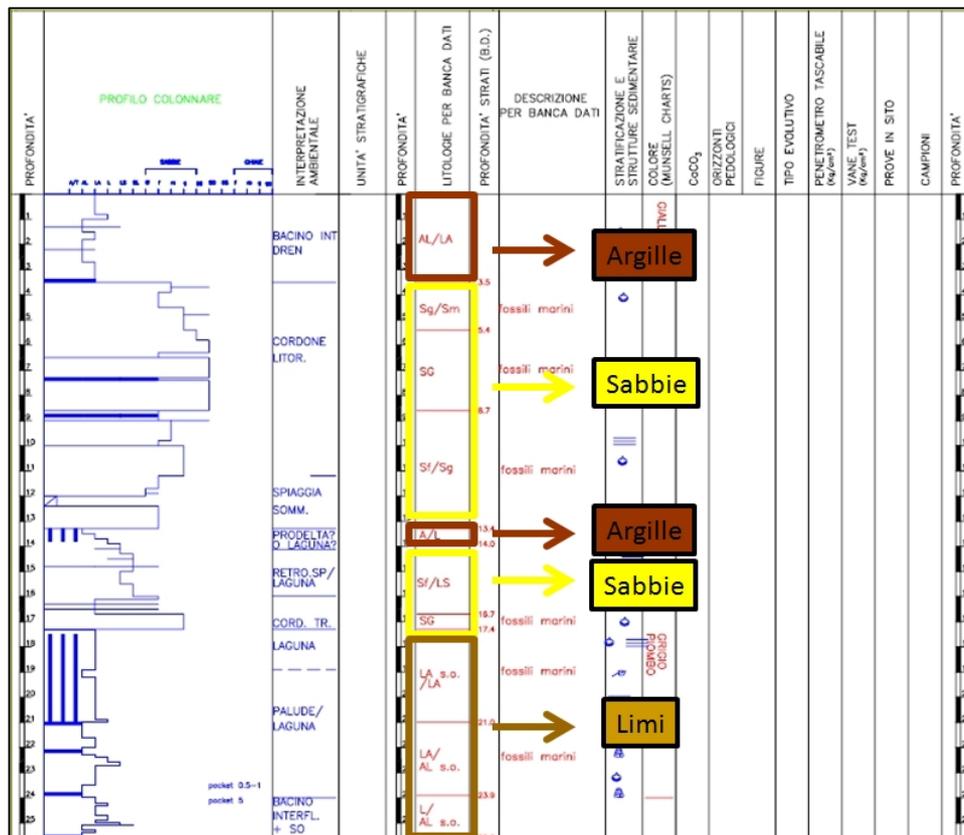


Figura 2.7 – Omogeneizzazione dei dati litologici

Questo lavoro è stato fatto per i sondaggi ottenuti dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna, per i dati provenienti dalle trivellazioni in Pineta di San Vitale nel 2006, per i dati

ottenuti dalla nuova rete piezometrica C.S.I. del 2010 e per i dati ottenuti dalle trivellazioni manuali.

2.6 Cartografia e modellistica 3D

2.6.1 Software utilizzato

Al fine di ottenere delle restituzioni grafiche della forma e disposizione dei vari depositi è stato utilizzato il software di elaborazione e visualizzazione dati RockWorks 15, della *RockWare incorporated*. All'interno del software database, ogni punto di rilievo ha una scheda identificativa dove si inseriscono i vari dati in possesso.

Location Information	
Required Fields	
Name	P12S
Symbol	Raster Symbol
Easting	Northing
762'567.780282	4'915'303.34076
Elevation	Total Depth
1.68	22.5
<input type="checkbox"/> Optional Fields	

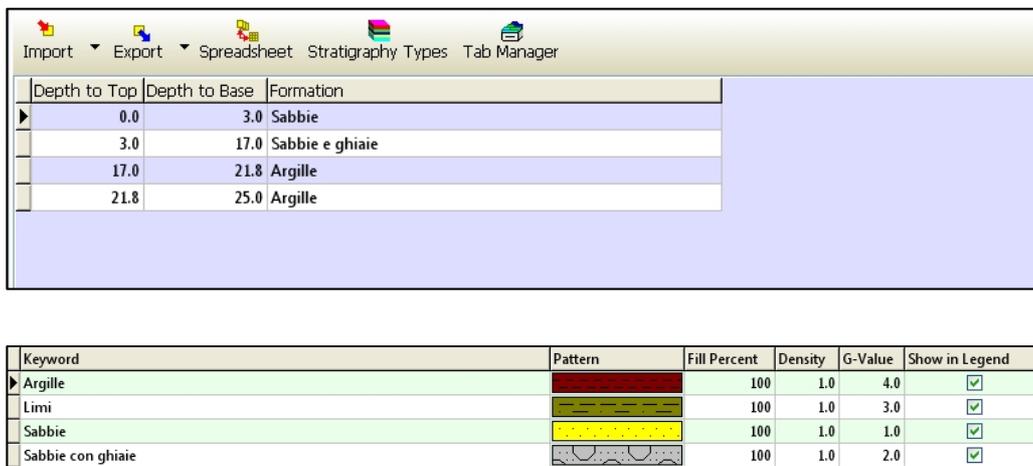
Figura 2.8 – Informazioni geografiche del database di RockWorks 15

Per ogni punto inserito nel database, il software richiede delle informazioni generali sul rilievo (Figura 2.8) in modo da poterlo georeferenziare:

- Coordinata Est
- Coordinata Nord
- Quota
- Profondità totale della perforazione

Sono inoltre da inserire i dati litologici (Figura 2.9), assegnando per ogni classe d'interesse un valore distintivo (GValue). Per l'elaborazione del nostro progetto sono state stabilite 4 classi per i depositi principali che compongono e delimitano l'acquifero, e sono:

- Sabbie
- Sabbie con ghiaie
- Limi
- Argille



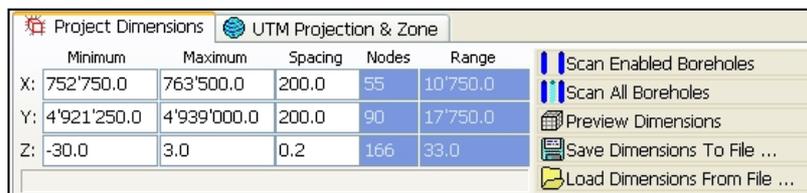
The figure shows two screenshots from the RockWorks 15 software. The top screenshot displays a stratigraphy table with columns for 'Depth to Top', 'Depth to Base', and 'Formation'. The bottom screenshot shows a legend table with columns for 'Keyword', 'Pattern', 'Fill Percent', 'Density', 'G-Value', and 'Show in Legend'.

Depth to Top	Depth to Base	Formation
0.0	3.0	Sabbie
3.0	17.0	Sabbie e ghiaie
17.0	21.8	Argille
21.8	25.0	Argille

Keyword	Pattern	Fill Percent	Density	G-Value	Show in Legend
Argille		100	1.0	4.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Limi		100	1.0	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Sabbie		100	1.0	1.0	<input checked="" type="checkbox"/>
Sabbie con ghiaie		100	1.0	2.0	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 2.9 - Schema del software RockWorks 15 per l'inserimento dei dati litologici

Il software per costruire gli elaborati cartografici è basato su un sistema di celle discretizzate che vanno a definire il numero dei nodi utilizzati durante l'interpolazione dati (Figura 2.10), nello specifico il nostro progetto ha delle celle di dimensione di 200 m per 200 m in xy (orizzontale) per 0,2 m in z (verticale).



The figure shows the 'Project Dimensions' dialog box in RockWorks 15. It displays a table with columns for 'Minimum', 'Maximum', 'Spacing', 'Nodes', and 'Range' for X, Y, and Z coordinates. There are also buttons for 'Scan Enabled Boreholes', 'Scan All Boreholes', 'Preview Dimensions', 'Save Dimensions To File ...', and 'Load Dimensions From File ...'.

	Minimum	Maximum	Spacing	Nodes	Range
X:	752'750.0	763'500.0	200.0	55	10'750.0
Y:	4'921'250.0	4'939'000.0	200.0	90	17'750.0
Z:	-30.0	3.0	0.2	166	33.0

Figura 2.10 – Dimensioni delle celle in RockWorks 15

2.6.2 Zona Nord

Dal modello Figura 2.11 è possibile vedere la distribuzione dei vari depositi superficiali, e di come si distribuiscano in profondità i depositi limosi. In superficie l'argilla è maggiormente presente nell'area a sud e ad ovest del modello, con una presenza concentrata nei pressi dei piezometri P3N e nei punti centrali dei transetti P8P8 e P9P9. Sono inoltre visibili "spot" di depositi argillosi, come ad esempio nei pressi del P13 N, in discontinuità con i depositi sabbiosi circostanti. Le sabbie sono presenti in superficie nella fascia retro-dunale. Si riesce anche a distinguere un'altra fascia con sabbie nei pressi dei piezometri all'interno della Pineta di San Vitale. Anche per le sabbie è possibile notarne una sporadica presenza all'interno delle argille, quindi in discontinuità con i depositi circostanti (Figura 2.11).

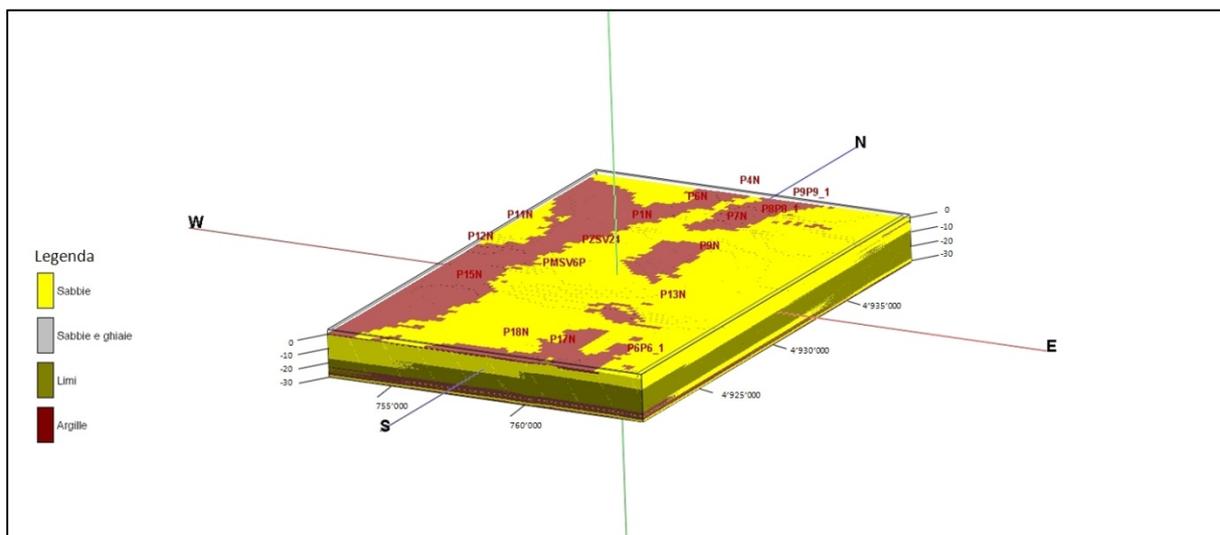


Figura 2.11 - Modello litostratigrafico da RockWorks 15, della zona nord. Esagerazione verticale 50 ×

Il diagramma a steccato di Figura 2.13 è stato disegnato in modo da avere delle sezioni il più vicino possibile ai punti di stratigrafia noti (Figura 2.12).

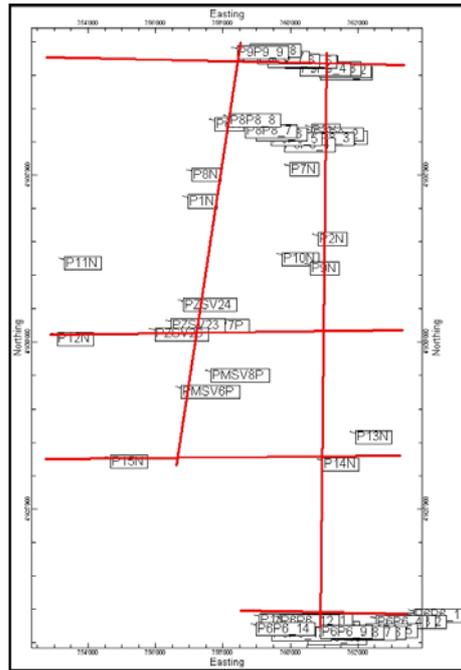


Figura 2.12 – Distribuzione delle sezioni del diagramma a steccato di Figura 2.13

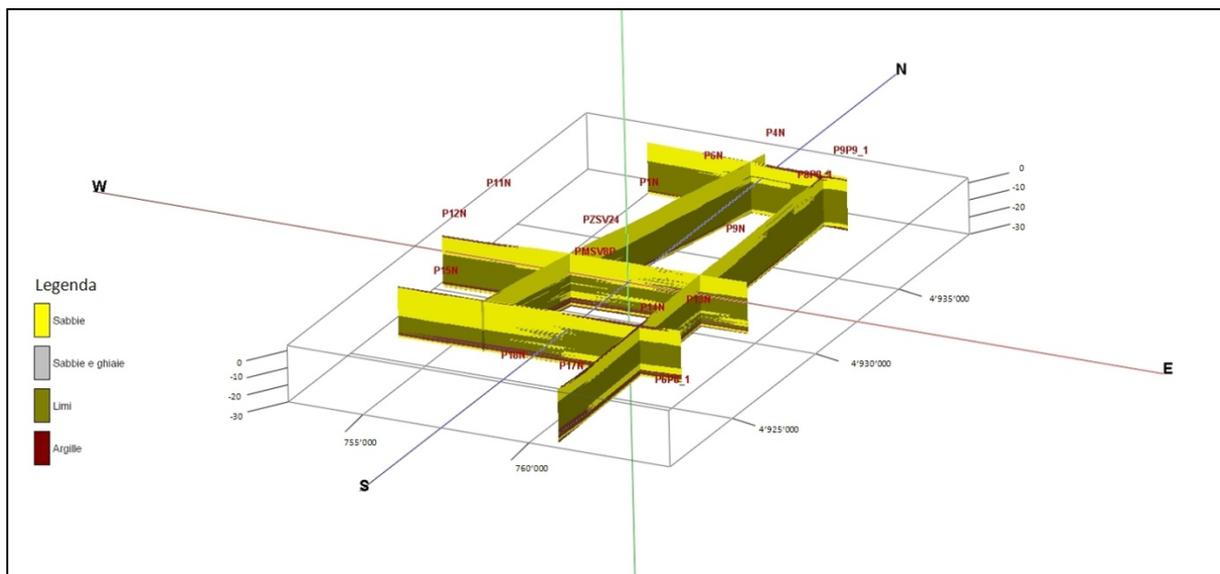


Figura 2.13 - Diagramma a steccato da RockWorks 15, della zona nord. Esagerazione verticale 50 ×

I depositi limosi della zona nord formano una strato continuo dalla costa spostandosi verso ovest, al di sotto delle sabbie (Figura 2.13) che compongono l'acquifero.

Dall'immagine di Figura 2.14, si nota come l'acquifero sia composto quasi esclusivamente dalle sabbie che si trovano al di sopra dei depositi limosi. Lo spessore dei depositi sabbiosi

varia da 4,6 m nel punto 11N a 16,3 m nel punto 15N. Lo spessore medio delle sabbie che compongono l'acquifero superficiale è di 10 m.

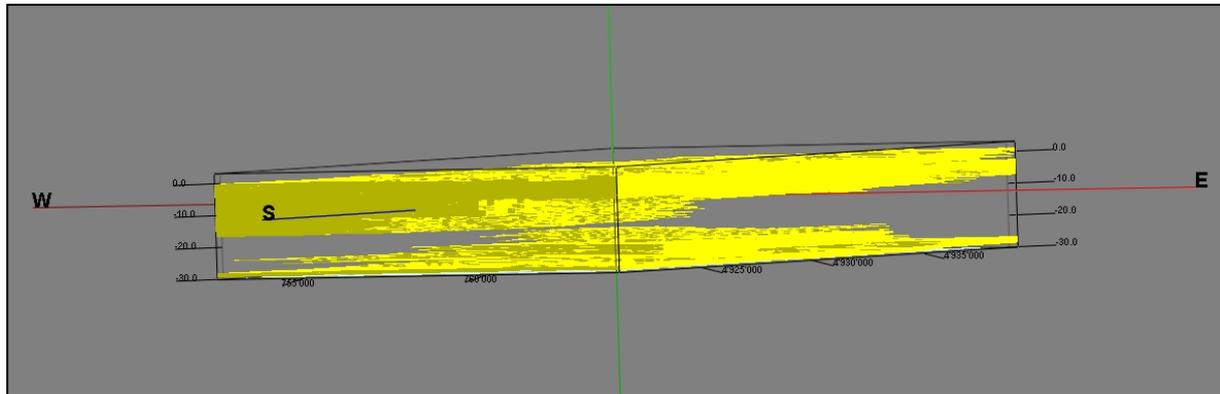


Figura 2.14 – Modello delle sabbie di cordone litorale della zona nord

Al di sotto dei depositi limosi è visibile un altro strato di sabbie di spessore molto modesto che va da un minimo di 0.4 m nel punto PMSV6P ad un massimo di 3.9 m nel punto PMSV7P (Figura 2.14). Dal calcolo dei volumi nel modello per l'acquifero nella zona nord, risulta che esso è composto da circa $2,5 \times 10^9$ m³ di sabbia. Al di sotto delle sabbie profonde è possibile vedere le argille, rappresentate con colore marrone che delimitano ed isolano l'acquifero verso il basso (Figura 2.11, Figura 2.12 e Figura 2.13).

2.6.3 Zona Sud

L'area a sud di Fiumi Uniti (Figura 2.15), presenta dei depositi prevalentemente argillosi nei pressi dei punti P16S, P18S, P19S e 240-S8 (Savio) e nella zona ovest del modello. In superficie si possono distinguere due fasce a prevalenza sabbiosa, la prima in prossimità della costa verso est nei punti P1P1_1 e P3P3_1 (Pineta Ramazzotti e Pineta di Lido di Classe) e la seconda più interna nei punti P4S, P12S, P5S e P13S (Pineta di classe).

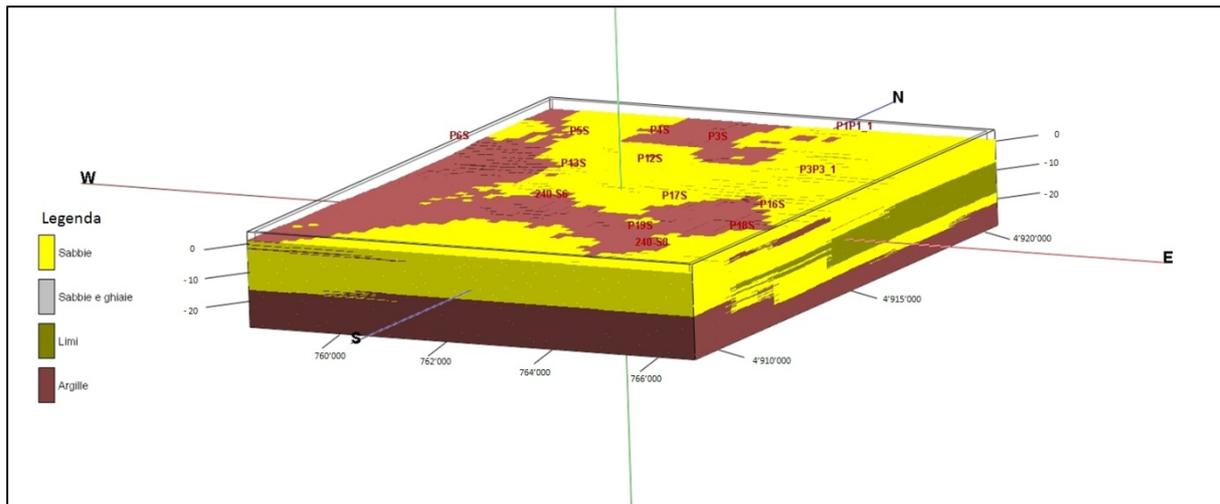


Figura 2.15 - Modello litostratigrafico da RockWorks 15, della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×

È possibile vedere, anche in questo caso, la presenza di depositi sabbiosi nei pressi del P3N ed anche depositi argillosi in piccole porzioni di territorio in discontinuità con i depositi sabbiosi circostanti (Figura 2.15).

Anche nella zona sud, come per la zona nord, è stato costruito un diagramma a steccato ricalcando il più possibile i punti di stratigrafia noti (Figura 2.16).

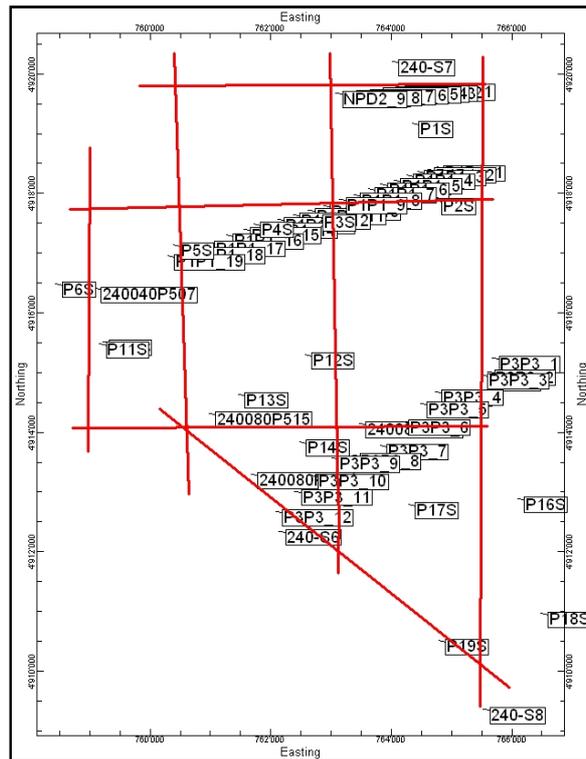


Figura 2.16 – Distribuzione delle sezioni del diagramma a steccato di Figura 2.17

Dal diagramma di Figura 2.17 di vedere come i depositi limosi siano maggiormente presenti nella parte settentrionale della zona sud, con spessori che arrivano anche a 11,50 m nel punto P2S in Pineta Ramazzotti (Figura 2.1). Spostandosi verso sud e verso ovest i limi scompaiono interdigandosi con i depositi di sabbia (Figura 2.17). Nella parte bassa della sequenza litologica si possono vedere le argille che delimitano l'acquifero. Le argille si incontrano ad una profondità media di - 18,5 m con valori massimi in corrispondenza del punto P2S uguali a - 24,5 m (Figura 2.17). In corrispondenza dei punti P13S, P14S e 240-S6 è presente un deposito di sabbia grossa e ghiaia con spessori che vanno da 1,00 a 2,00 m.

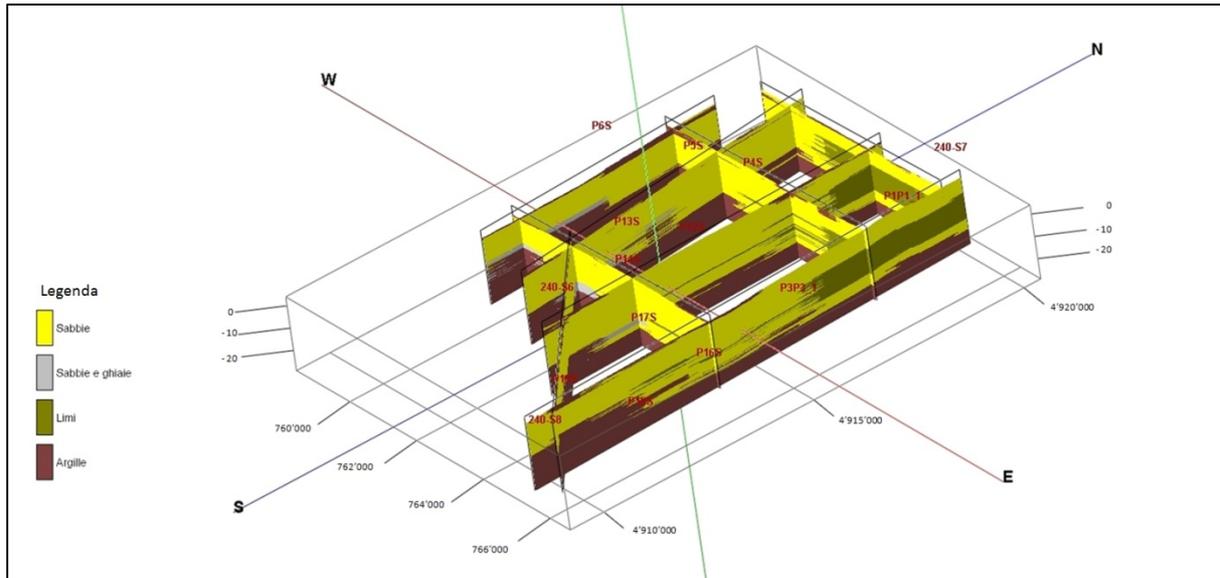


Figura 2.17 - Diagramma a steccato da RockWorks 15, della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×

Dal modello delle sabbie di Figura 2.18 si vede come varia lo spessore dell'acquifero spostandosi da nord verso sud. Nella parte settentrionale di Figura 2.18, in corrispondenza del transetto P1P1, ci sono spessori di circa 8/9 m, mentre nella parte meridionale ci sono spessori di circa 10/15 m con punte di 22,3 m nel punto P14S. Questo è dovuto alla scomparsa dei depositi limosi che dividono l'acquifero sabbioso in due porzioni, una superficiale ed una profonda, mentre nella parte meridionale ve ne è l'assenza e le sabbie che compongono l'acquifero non hanno interruzioni in profondità fino alla base dell'acquifero.

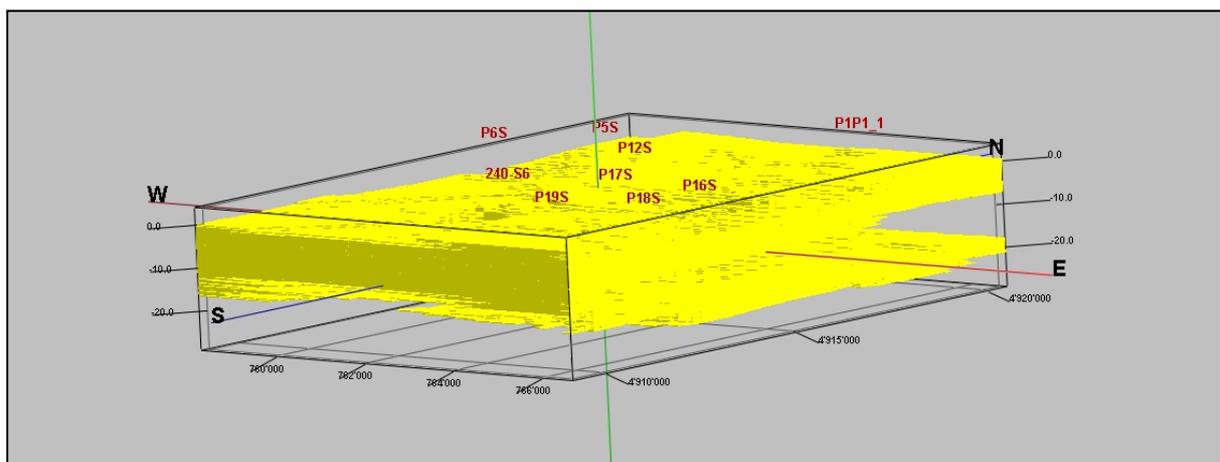


Figura 2.18 – Modello delle sabbie della zona sud. Esagerazione verticale 50 ×

Dal calcolo dei volumi del modello risulta che l'acquifero nella zona sud, è composto da circa $1,5 \times 10^9$ m³ di sabbia.

2.7 Stratigrafia dell'acquifero da letteratura

L'area della pianura ravennate prospiciente la costa, è stata oggetto di studio di molti lavori di ricostruzione stratigrafica e di ambienti sedimentari eseguiti negli anni scorsi. La storia geologica e i vari eventi sedimentari che hanno interessato l'area dell'acquifero sono già stati descritti nel sottoparagrafo 1.2.1. Le sequenze stratigrafiche che caratterizzano l'acquifero costiero ravennate sono state ben descritte da vari autori (Amorosi et al., 1999; Correggiari et al., 1996; Bondesan et al., 1995a; Rizzini, 1974), ed in particolare nella Carta Geologica 1:50000 fogli 240-241 Forlì-Cervia e nel foglio 223 Ravenna, sono presenti due sezioni (Figura 2.19) dove si incontrano tutte le litologie da me valutate, interpretate ed associate ai vari ambienti sedimentari susseguitesesi nel tempo descritti nel sottoparagrafo 1.2.1.

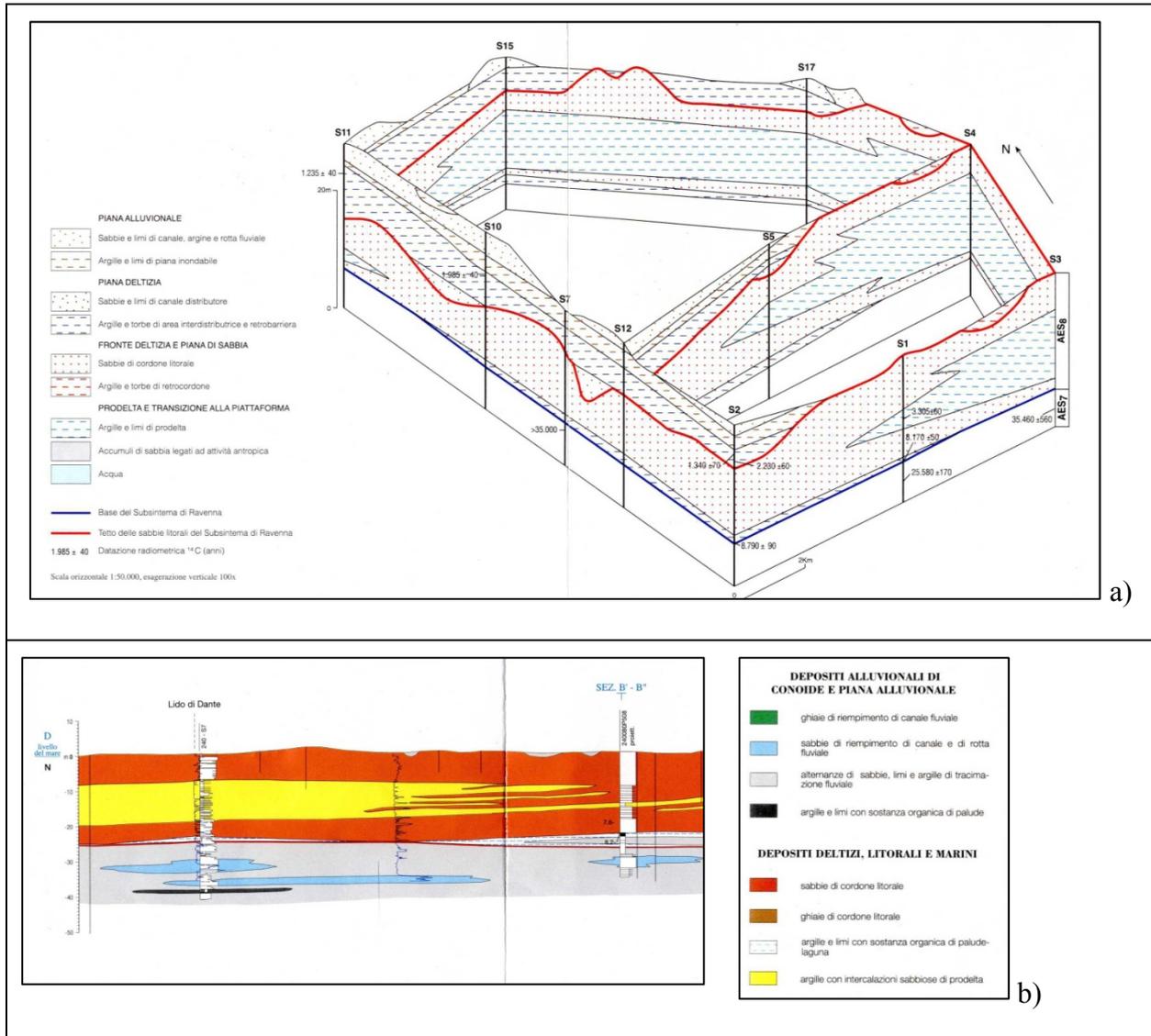


Figura 2.19 – (a) Architettura Stratigrafica del Subsistema di Ravenna, dalla carta “Tetto delle sabbie litorali del subsistema di Ravenna”. Dalla Carta Geologica d’Italia 1:50000 foglio 223 Ravenna; (b) Particolare della sezione D-D¹ dalla carta “Tetto delle ghiaie alluvionali e dei depositi deltizi e litorali – Susintemi di Ravenna (AES₈) e di Villa Verucchio (AES₇)”, Dalla Carta Geologica d’Italia 1:50000 fogli 240-241 Forlì-Cervia.

Le litologie da me riconosciute e descritte nei paragrafi precedenti sono assimilabili ai vari tipi di depositi descritti in Figura 2.19 come segue in Tabella 2.4.

Descrizioni prese dalle Carte Geologiche 1:50000 223 Ravenna e 240-241 Forlì Cervia	Descrizioni utilizzate nella ricostruzione litologica dell'acquifero
Sabbie di cordone litorale	Sabbie
Ghiaie di cordone litorale	Sabbie e ghiaie
Argille e limi di prodelta	Limi
Argille e limi con sostanza organica di palude –laguna	Argille
Alternanza di sabbie, limi e argille di tracimazione fluviale	

Tabella 2.4 – Corrispondenza tra le descrizioni stratigrafiche presenti nelle Carte Geologiche fogli 240-241 Forlì-Cervia e 223 Ravenna e le descrizioni delle litologie utilizzate per la ricostruzione litologica

2.8 Risultati

Dalla ricostruzione ed interpretazione dei dati litostratigrafici risulta che l'area di studio è caratterizzata da un acquifero composto prevalentemente da sabbie di cordone litorale. Nella zona nord è presente, ad una profondità media di - 10 m, un deposito di tipo argilloso-limoso-sabbioso (deposito di pro-delta) che funge da discontinuità idraulica con le sabbie che si trovano ad una profondità maggiore è che poggiano sul substrato argilloso che chiude l'acquifero verso il basso (Figura 2.11). Nella zona sud, i depositi limosi scompaiono interdigitandosi con le sabbie sia verso sud sia verso ovest (Figura 2.17). I depositi superficiali sono di natura sabbiosa nella prima fascia a ridosso della costa ed anche in una fascia più interna, che corrisponde con la linea delle paleo-dune dove si trovano la pineta di

San Vitale e la Pineta di Classe (Figura 2.11 e Figura 2.15). I depositi argillosi superficiali sono compresi tra le due “fasce” sabbiose appena descritte e sono presenti in modo continuo dalla costa verso l'interno nella parte meridionale di entrambi i modelli (Figura 2.11 e Figura 2.15). Si è comunque riscontrata una certa eterogeneità a livello locale, sia nei depositi sabbiosi che nei depositi argillosi, presentando piccoli depositi superficiali differenti dalla tipologia predominante nell'area. In altre parole, è possibile trovare in superficie piccole lenti sabbiose all'interno della fascia di depositi argillosi, e viceversa trovare piccole lenti argillose nella fascia dei depositi sabbiosi. L'acquifero è delimitato verso il basso da depositi argillosi e limosi, i quali si trovano ad una differente profondità dal piano campagna che varia da i – 8,80 m nel punto P15S ai – 29,40 m.s.l.m. nel punto P4N.

2.9 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati rileviamo che l'acquifero presenta una discontinuità al suo interno rappresentata dai depositi di limosi (pro-delta). Questi depositi presentano una permeabilità minore rispetto alle sabbie, perché composti da limi-argille e sabbie. La presenza di depositi a permeabilità molto bassa divide, dal punto di vista idraulico, l'acquifero in due parti. La parte più superficiale freatica e la parte più profonda semi-confinata dai depositi di pro-delta. Nella parte meridionale della zona sud (Figura 2.17) l'acquifero è composto di un corpo unico freatico in quanto sono assenti i depositi di pro-delta. La discontinuità creata dai depositi limosi di pro-delta, che fungono da acquitardo, fa in modo che quasi tutto l'acquifero sia formato da una componente più superficiale freatica con spessori maggiori ed una profonda semiconfinata con spessori ridotti, sono presenti, inoltre, delle porzioni di acquifero confinato da depositi argillosi superficiali (Figura 2.20) (Figura 2.14 e Figura 2.18).

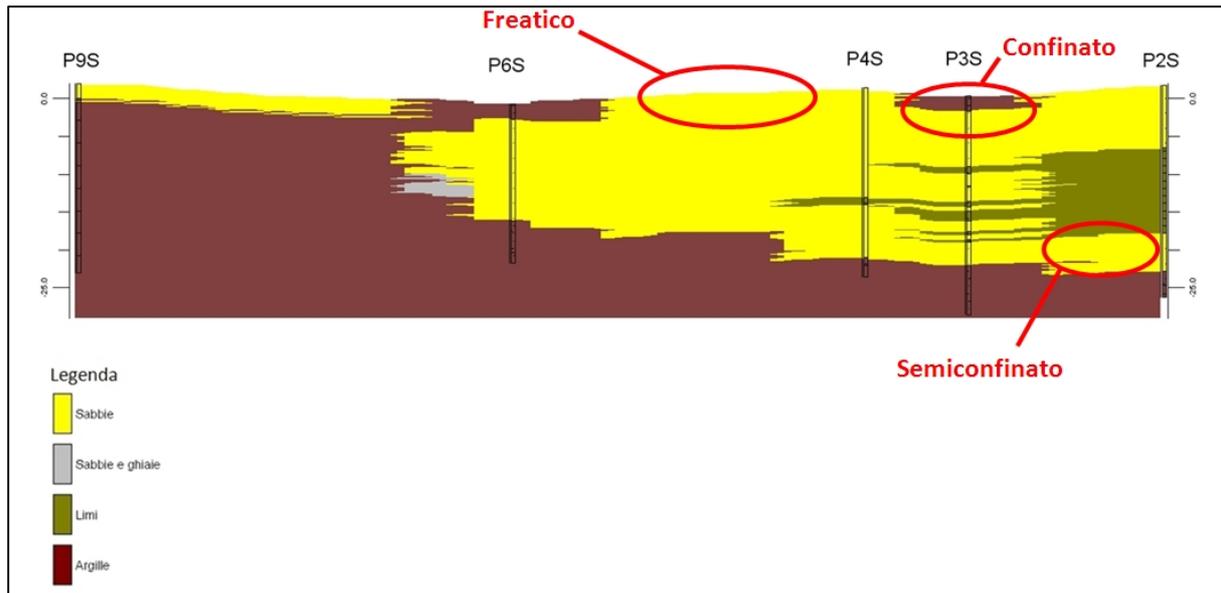


Figura 2.20 - Sezione dell'acquifero con indicati le varie tipologie idrauliche della falda. Esagerazione verticale $60 \times$

Le sabbie si presentano senza interruzioni scendendo in profondità unicamente nel settore meridionale ed occidentale della zona sud, dove vi è la scomparsa dei depositi di pro-delta. Qui le sabbie raggiungono spessori che arrivano a 23,00 m nel punto P14S dove incontriamo anche 2,00 m di depositi ghiaiosi. È difficile individuare con precisione il limite dei depositi, essi si assottigliano e si interdigitano tra di loro a varie profondità (Figura 2.17). A grande scala, i depositi superficiali si presentano come delle fasce con direzione N-S di depositi sabbiosi e di depositi argillosi, tranne che nei settori meridionali, di entrambi i modelli (Nord e Sud) dove troviamo depositi argillosi quasi continui con direzione E-O. A piccola scala, invece, i depositi superficiali si presentano eterogenei in quanto si possono trovare delle lenti sabbiose in depositi argillosi e viceversa (Figura 2.11 e Figura 2.15). I depositi argillosi possono talvolta confinare l'acquifero superficiale. I depositi argillosi che delimitano l'acquifero verso il basso si trovano a una profondità media di circa - 25,00 m s.l.m., con un minimo riscontrato di - 8,80 m nel punto P15S ad un massimo di - 29,40 m nel punto P4N. In generale si può constatare dalle immagini (Figura 2.13 e Figura 2.17) che la chiusura verso il basso dell'acquifero da parte delle argille pre-flandriane sia più profondo nella zona nord e meno nella zona sud. Le sabbie presentano una volumetria complessiva, per tutto l'acquifero oggetto di studio, di $4 \times 10^9 \text{ m}^3$, le quali, ipotizzando una porosità media del 30%, contengono $1,2 \times 10^9 \text{ m}^3$ di acqua.

3 Indagini Indirette

3.1 Prospezioni geoelettriche 1-4D. Marzo 2009 - Luglio 2010

3.1.1 Progettazione della campagna di monitoraggio

E' ampiamente riconosciuto e descritto (Kunetz, 1966) che le prospezioni geoelettriche sono tra i metodi più adatti agli studi idrogeologici. Come metodologia indiretta sono particolarmente utili al fine di definire lo stato d'intrusione salina di un acquifero costiero come dimostrano vari studi che ne documentano l'utilizzo (Carbognin et al., 2003; Hamzah, 2006; Giambastiani, 2007; Cimino, 2007; Sung-Ho Song, 2007; Adepelumi, 2009).

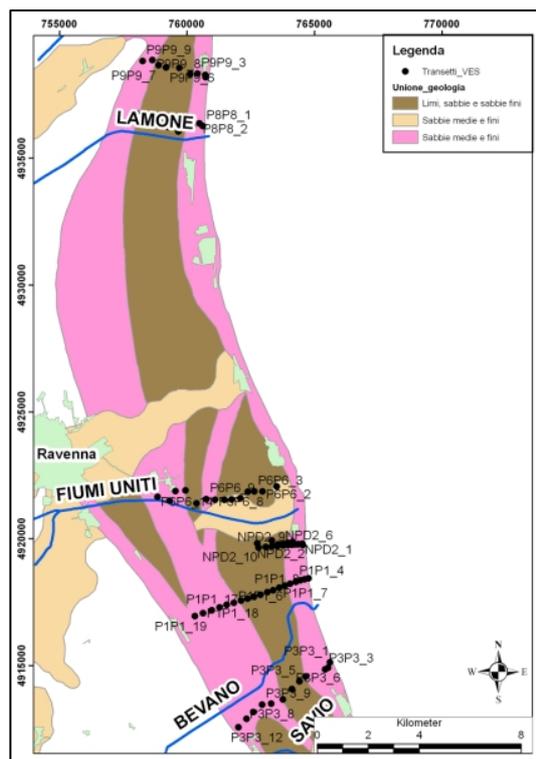


Figura 3.1 - Distribuzione dei transetti sul territorio

Per rilevare la salinità delle acque di falda, in modo da poter coprire tutta l'area in oggetto (Figura 3.1), è stata prevista l'esecuzione di numerose campagne di rilievo attraverso l'utilizzo della metodologia dei sondaggi elettrici verticali (V.E.S.), con i quali è possibile coprire ampie porzioni di territorio in poco tempo. Nel complesso sono stati eseguiti 8 transetti che comprendono un totale di 87 sondaggi elettrici verticali V.E.S. distribuiti su tutto il territorio dell'area di studio C.S.I.. Alcuni transetti sono stati ripetuti durante due diversi periodi dell'anno per valutare le variazioni stagionali della salinità delle acque di falda.

I transetti si estendono dalla costa verso l'interno con un andamento perpendicolare alla linea di riva, e sono stati così distribuiti:

DATA	NOME TRANSETTO	UBICAZIONE
Marzo 2009	P1P1	Pineta Lido di Dante
Aprile 2009	NPD2	Pineta Lido di Dante
Ottobre 2009	P8P8	Marina Romea
Dicembre 2009	P9P9	Casalborsetti
Marzo 2010	P6P6	Lido Adriano
Maggio 2010	P3P3	Pineta Lido di Classe
Giugno 2010	NPD2 bis	Pineta Lido di Dante
Luglio 2010	P8P8 bis	Marina Romea

Tabella 3.1 - Data ed ubicazione dei transetti eseguiti

3.1.2 Strumentazioni e metodi

Il metodo geo-elettrico VES consiste nell'immettere nel terreno dell'energia elettrica e di dedurre la resistività apparente degli elettro-strati attraversati, mediante l'equazione della prima legge di Ohm:

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (2-1)$$

Dove:

R = resistività

ΔV = differenza di tensione di corrente

i = intensità di corrente

Lo strumento utilizzato durante le campagne di rilievo geo-elettrico è della *Allied Associates Geophysical LTD Omega* con 4 bobine di cavi e 4 elettrodi in acciaio. I sondaggi elettrici verticali (V.E.S.) sono stati eseguiti con 4 elettrodi disposti secondo lo schema Wenner e con una spaziatura iniziale degli elettrodi di 1 metro, la spaziatura degli elettrodi al massimo dello stendimento è di 21,5 m. Il tipo di stendimento Wenner è caratterizzato da una distanza costante tra i quattro elettrodi durante il rilievo. All'aumentare della profondità di investigazione, e quindi dell'ampiezza dello stendimento, le distanze tra gli elettrodi rimangono comunque uguali tra loro.

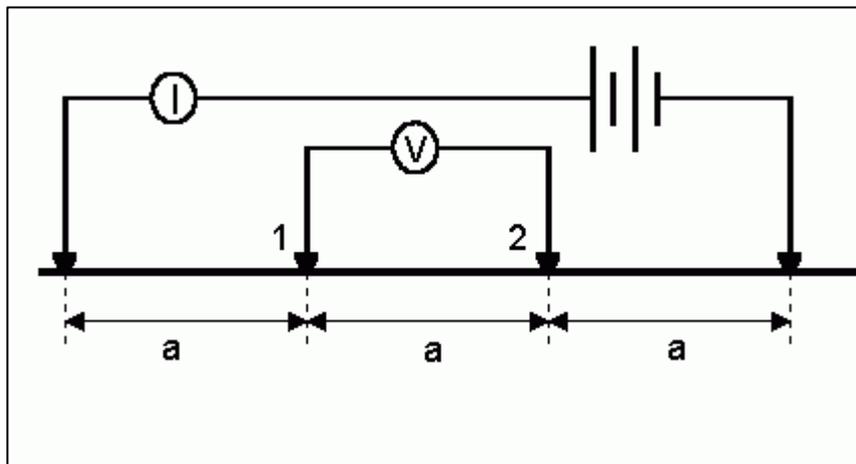


Figura 3.2 - Schema della disposizione elettrodo tipo Wenner (da Burger, 1992b)

Lo stendimento tipo Wenner prevede lo spostamento dei 4 elettrodi ad ogni ciclo di lettura, quindi richiede più tempo rispetto allo stendimento tipo Schlumberger. Per rilievi superficiali poco profondi lo stendimento Wenner può risultare più sensibile alle variazioni laterali e verticali rispetto allo Schlumberger (Burger, 1992a), per questo motivo il metodo Wenner è stato scelto per le campagne geoelettriche. La direzione dello stendimento è sempre stata N-S,

cioè parallela alla linea di costa. Ogni dato è composto da 3 cicli di letture, il limite di errore tollerato per i dati di resistività raccolti in campagna è del 3% tra una lettura e l'altra. In campo sono stati raccolti tre dati di resistività da cui se ne fa una media da usare per l'inversione. Ogni punto di sondaggio VES è accompagnato da una trivellata manuale per conoscere meglio i primi metri della stratigrafia e la conducibilità elettrica delle acque presenti nella parte superficiale della falda. La conducibilità elettrica delle acque è stata rilevata con strumentazione *Mettler Toledo seven go conductivity* con una precisione di:

- Conducibilità elettrica $\pm 0,5$ % della lettura
- Temperatura $\pm 0,2$ °C

La sonda per la misura della conducibilità elettrica è stata tarata con soluzione standard (HANNA instruments) 1,413 mS/cm a 25°C. Tutti i valori raccolti sono stati poi utilizzati durante l'inversione dei dati geofisici.

3.1.3 Inversione dati

I dati di resistività apparente vengono invertiti, cioè interpretati, in laboratorio in modo da ottenere dati di resistività calcolata ottenuti da una trasposizione ideale e realistica della distribuzione degli elettro-strati con la profondità.

Il *software* per l'inversione dei dati applica equazioni che tengono conto della rifrazione che subisce la corrente elettrica immessa nel terreno incontrando strati a differente resistività. Per cui l'equazione che ci permette di calcolare la resistività apparente di un sistema non omogeneo (Burger, 1992) è:

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{i} \left(\frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} \right) \quad (2-2)$$

Dove:

ρ_a = resistività apparente

$\pi = 3.14$

ΔV = differenza di potenziale elettrico

i = intensità di corrente

r_n = distanza tra gli elettrodi (Figura 3.3)

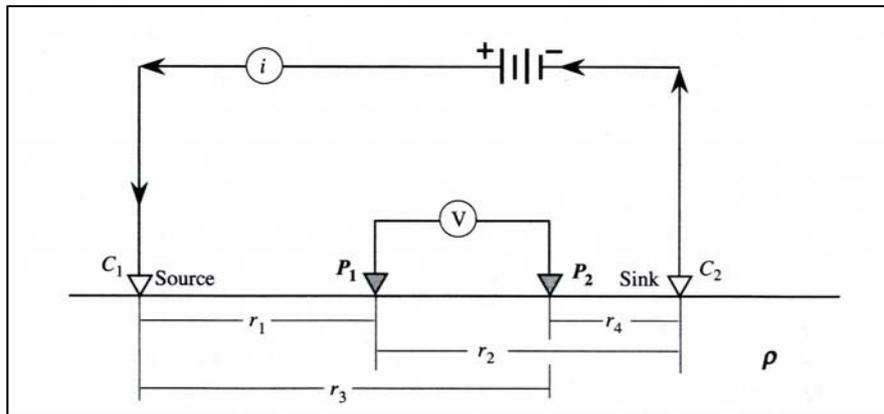


Figura 3.3 - Diagramma usato per determinare il potenziale negli elettrodi P_1 e P_2 (da Burger, 1992b)

Per una configurazione del tipo in Figura 3.4, il calcolo della resistività apparente può essere scritto come:

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{i} \left(\frac{1}{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}} \right) \quad (2-3)$$

Quindi:

$$\rho_a = \frac{2\pi a \Delta V}{i} \quad (2-4)$$

Dove:

ρ_a = resistività apparente

a = distanza tra gli elettrodi

ΔV = differenza di potenziale elettrico

i = intensità di corrente

$\pi = 3,14$

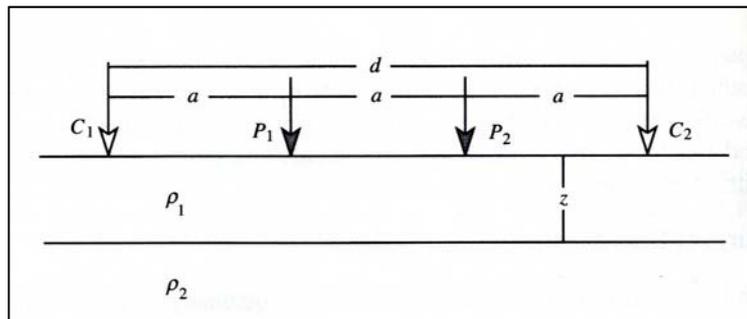


Figura 3.4 – Schema di distribuzione con interfaccia singola (da Burger, 1992b)

Quando la corrente elettrica immessa nel terreno incontra un'interfaccia dove ci sono due strati a differente resistività, le linee di corrente subiscono una rifrazione. L'angolo con cui viene rifratta la linea di corrente è funzione delle resistività dei mezzi interessati ed è espressa da un coefficiente che si calcola:

$$k = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2-5)$$

Dove:

k = coefficiente di rifrazione

ρ_1 = resistività del 1° mezzo

ρ_2 = resistività del 2° mezzo

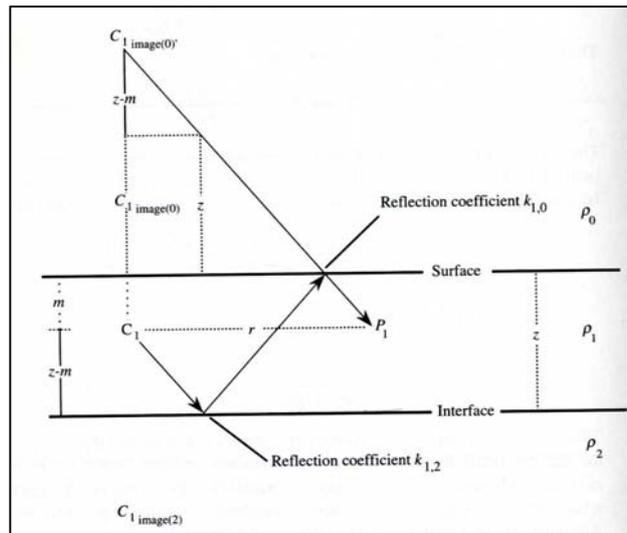


Figura 3.5 –Rifrazione e calcolo del potenziale nel punto P_1 (da Burger, 1992b)

$$V_{P_1} = \frac{\rho_1 i}{2\pi r} \left\{ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{a} \right)^2 \right]^{1/2}} \right\} \quad (2-6)$$

Dove:

V_{P_1} = Potenziale elettrico nel punto P_1

ρ_1 = resistività del mezzo 1

k = coefficiente di rifrazione

n = numero ennesimo

z = distanza tra la superficie e l'interfaccia

a = distanza tra gli elettrodi

Analogamente attraverso l'equazione (2-6) si può calcolare il potenziale nel punto P_2 e trovare quindi la differenza di potenziale ΔV . Quindi, utilizzando l'equazione (2-4) e calcolando il ΔV attraverso l'equazione (2-6) possiamo scrivere che:

$$\rho_a = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{2nz}{a}\right)^2\right]^{1/2}} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k_{1,2}^n}{\left[1 + \left(\frac{nz}{a}\right)^2\right]^{1/2}} \right\} \quad (2-7)$$

L'equazione (2-7) è usata come base dai software di inversione dati geoelettrici raccolti in campagna.

I dati raccolti sono stati invertiti attraverso l'utilizzo del software *Resist* (Burger Douglas C. and Burger H. Robert, 1992) che utilizza come input le resistività apparenti raccolte in campagna e restituisce come output lo spessore dei vari strati a diversa resistività. *Resist* è un programma che permette di risalire alla resistività dei vari elettro-strati mediante operazioni iterative manuali, in cui di volta in volta bisogna inserire o modificare i vari parametri.

Nelle varie inversioni i parametri che sono stati utilizzati come fissi e non modificabili dalla procedura iterativa sono:

- la profondità della tavola d'acqua dal piano campagna,
- la resistività dei vari depositi incontrati.

I dati che si lasciano ottimizzare al software sono:

- Lo spessore degli elettro-strati al di sotto della tavola d'acqua:
- Lo spessore della zona satura in acqua dolce
- Lo spessore della zona satura di acqua salmastra dovuta al mescolamento fra acqua dolce e salata.

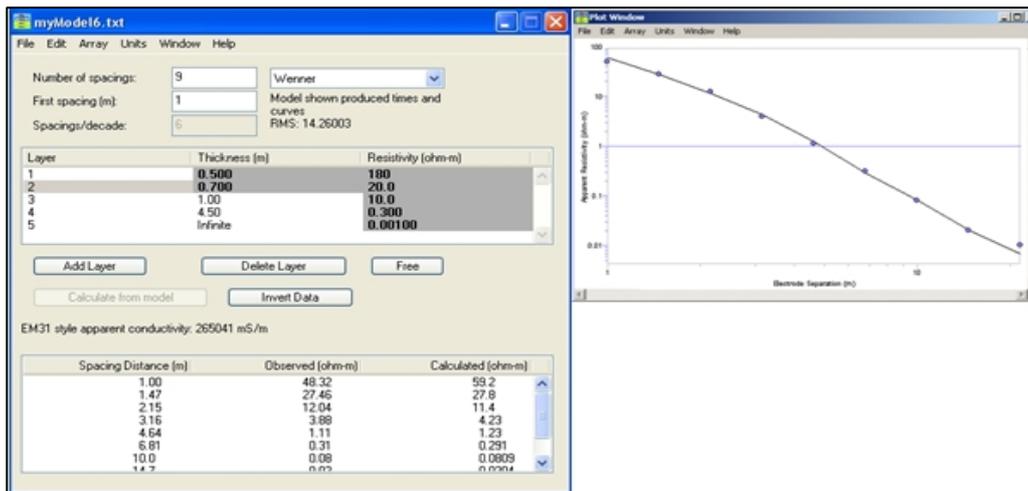


Figura 3.6 - Software utilizzato per l'inversione dei dati geofisici con grafico dati osservati/curva calcolata

La soglia massima tollerata dell'errore definita dallo scarto quadratico medio (RMS) alla fine dell'inversione dati è 30, poiché è il limite sotto il quale la curva dei valori calcolati fitta bene con i dati osservati in campagna (Figura 3.6). Alla fine dell'inversione sono stati individuati vari elettro-strati che rappresentano sia diverse litologie che la distribuzione della salinità all'interno delle acque di falda. È importante ricordare la difficoltà oggettiva incontrata durante l'inversione dei dati geoelettrici nel riconoscere e distinguere strati in sabbia saturi di acqua dolce e strati di argilla in zona vadosa, poiché elettro-strati molto simili. Il problema è stato ovviato grazie alle informazioni raccolte in campo tramite la trivellazione manuale che fornisce i primi metri della litologia e la C.E. dell'acqua al *top* della falda.

Per l'inversione si è utilizzata una tabella di resistività calcolate attraverso una campagna di calibrazione effettuata all'interno della Pineta di San Vitale nel luglio del 2009.

3.1.4 Calibrazione V.E.S.

Per quanto riguarda la resistività dei vari depositi e dei vari tipi di acque vi è un'ampia letteratura (Burger, 1992; Celico, 1986; Bulter, 2005). All'inizio della campagna è stata fissata una prima tabella di valori teorici di resistività da letteratura per i vari materiali incontrati nell'area di studio (Tabella 3.2).

Sabbia Asciutta	$\rho_a = 80-500 \Omega \cdot m$
Sabbia umida zona vadosa	$\rho_a = 10-30 \Omega \cdot m$
Sabbia satura in acqua dolce	$\rho_a = \sim 10 \Omega \cdot m$
Argilla asciutta	$\rho_a = 10 \Omega \cdot m$
Argilla	$\rho_a = 2-5 \Omega \cdot m$
Zona di mescolamento	$\rho_a = 0,3 \Omega \cdot m$
Sabbia satura in acqua salata	$\rho_a = 0,01/0,001 \Omega \cdot m$

Tabella 3.2 - Valori teorici di resistività

I sondaggi geoelettrici per essere interpretati in maniera efficace necessitano di un sondaggio geologico-stratigrafico di riferimento per calibrare i valori di resistività apparente. Negli anni scorsi sono stati messi in posto nella pineta di San Vitale alcuni piezometri profondi con carotaggi meccanici, effettuati dalla Sogeo per conto del Comune di Ravenna, che variano dai 12 fino ai 30 m di profondità dal piano campagna. Nel mese di luglio 2009 sono state eseguite delle V.E.S. in corrispondenza delle perforazioni in modo da poter calibrare i risultati ottenuti su stratigrafie certe che arrivano alla profondità di circa 30 m, che corrisponde alla base dell'acquifero costiero oggetto di studio. Dall'interpretazione dei dati rilevati direttamente e misurati indirettamente abbiamo ricavato una tabella da cui abbiamo ottenuto una media della resistività apparente dei materiali che compongono l'acquifero oggetto di studio (Tabella 3.3).

	SENZA ARGILLA IN SUPERFICIE				
	Sogeo 1	Sogeo 10	Sogeo 11	Sogeo 13	Media
Sabbia asciutta	699	538	649	736	655,5
Zona vadosa	20	22	11,9	17,2	17,775
Acqua dolce (sabbia)	10				10
Zona transizione	0,513	0,246	0,288	0,284	0,33275
1° Acqua salata	0,04	0,00531	0,00219	0,00188	0,01235
2° Acqua salata	0,00057	0,00117	0,00139	0,00109	0,00105
Argilla asciutta					
Argilla "vadosa"					
Argilla profonda	2	2	2,01	2	2,0025
	ARGILLA IN SUPERFICIE O MESCOLATA A SABBIA				
	Sogeo 4	Sogeo 5	Sogeo 9	Sogeo14	Media
Sabbia asciutta		299	20,1355		159,5678
Zona vadosa	11	1,59	2,58797		5,05932
Acqua dolce (sabbia)	6				6,00
Zona transizione	0,517	0,168	0,16745	0,0936	0,23651
1° Acqua salata	0,00193	0,00195	0,00986	0,0048	0,00464
2° Acqua salata	0,0006	0,00048	0,00164	0,001	0,00093
Argilla asciutta	34,8			24	29,4
Argilla "vadosa"	3,74			0,858	2,299
Argilla profonda	2	2	1,4954	1,8	1,82385

Tabella 3.3- Media della resistività in $\Omega\cdot m$ ottenuti dalla calibrazione con carotaggi di pozzo

Dal confronto delle due serie di dati sono emerse delle differenze, soprattutto a seconda che in superficie sia o meno presente dell'argilla. L'argilla presente nella zona "vadosa", ovvero non satura, può raggiungere valori di resistività intorno a $0,858 \Omega\cdot m$ più bassi rispetto a quelli della Tabella 3.2 ($2-5 \Omega\cdot m$). La zona di transizione, che rappresenta quella porzione di acquifero dove si mescolano acque dolci ed acque salate, riveste un'importanza particolare all'interno dello studio ed ha un intervallo di resistività apparente che varia tra $0,0936 \Omega\cdot m$ e $0,517 \Omega\cdot m$. L'argilla asciutta varia tra $24 \Omega\cdot m$ e $34,8 \Omega\cdot m$, cioè con valori più alti rispetto ai $10 \Omega\cdot m$ stabiliti nella Tabella 3.2. Inoltre, la sabbia asciutta mostra una resistività media di

655,5 $\Omega\cdot m$ maggiore anch'essa agli 80-500 $\Omega\cdot m$ usati prima della campagna di calibrazione. Tutti i dati relativi alle calibrazioni sono riportati in Appendice 9.2

3.1.5 Determinazione delle soglie

Nella valutazione dei risultati rappresentati sulle sezioni ricostruite dai dati ottenuti dall'inversione e inseriti su grafici costruiti con Excel™, sono riportati i vari elettro-strati che caratterizzano ogni punto di rilievo V.E.S.. In una sezione tipo, dove si incontrano tutte le tipologie di acqua, abbiamo dall'alto verso il basso (S_w è la saturazione in acqua):

- elettro-strato n° 1 – deposito superficiale $S_w = 0$
- elettro-strato n° 2 – deposito superficiale umido (zona vadosa) $S_w > 0$ ma < 1
- elettro-strato n° 3 – strato di acqua dolce $S_w = 1$
- elettro-strato n° 4 – strato di acqua salmastra (zona di mescolamento) $S_w = 1$
- elettro-strato n° 5 – strato di acqua salata $S_w = 1$

Nelle sezioni che seguono, sono quindi riportate:

- la linea del piano campagna
- il *top* della tavola d'acqua
- il *bottom* dell'acqua dolce in falda
- il *bottom* della zona di mescolamento.

È riportata inoltre la stratigrafia superficiale, ottenuta dalle trivellazioni manuali eseguite in campo in concomitanza con il rilievo geoelettrico, in cui si sono riconosciuti i seguenti litotipi:

- Argilla non plastica (apparentemente sotto il limite di plasticità)
- Sabbia asciutta ($S_w = 0$)
- Argilla plastica
- Sabbia da fine a media ($S_w > 0$)
- Sabbia ed argilla (mescolate)

Al di sotto della tavola d'acqua si è ipotizzata la presenza di sabbia da fine a media, fino alla profondità limite di investigazione strumentale. La profondità d'investigazione dello strumento varia a seconda dei tipi di deposito incontrati e alla salinità dell'acqua presente, nei nostri rilievi la profondità di investigazione è compresa tra i 10 m ai 15 m. Quindi, nelle immagini delle sezioni, di seguito illustrate, non sono riportati gli eventuali depositi argilloso-limosi profondi che si conoscono dalla letteratura (vedi Capitolo 1) e dalla ricostruzione litologica (Vedi Capitolo 2), anche considerando i limiti della geoelettrica nel riconoscere cambi di litologia in acque salate, come nel nostro caso.

3.2 Transetti V.E.S.

Nei prossimi sottoparagrafi sono illustrati i risultati ottenuti dalle varie prospezioni geoelettriche disposti su grafici bidimensionali che presentano variazioni dei vari elettro-strati nell'ordine del centimetro. I risultati non hanno una precisione così alta, ma i dati sono riportati ugualmente in modo tale che il lettore possa avere un'idea più completa di quanto affermato.

Le sezioni hanno un orientamento Ovest-Est, dove il punto n°1 è la stazione di rilevamento più prossima alla costa. Tutti i punti dove sono localizzate le VES sono stati rilevati in campagna con strumentazione GPS "Garmin cx60s", mentre le quote sono ricavate dal Lidar Agip 2005.

Tutti i dati raccolti in campagna, con i risultati delle interpretazioni e la costruzione delle curve di inversione sono riportati in Appendice 9.3

3.2.1 Transetto P1P1

Il transetto P1P1 è stato eseguito tra marzo ed aprile 2009 ed è composto da 19 punti di rilevamento situati tra Lido di Dante e la Pineta di Classe attraversando i campi agricoli presenti tra le due pinete. I dati distintivi dei vari punti sono in Tabella 3.4.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
PIP1 1	764760.357339	4918440.8847	3.27
PIP1 2	764609.276984	4918406.54826	2.47
PIP1 3	764444.462054	4918365.34454	1.82
PIP1 4	764259.04524	4918303.53893	1.1
PIP1 5	764039.292008	4918221.13147	0.75
PIP1 6	763826.406052	4918152.45858	0.98
PIP1 7	763620.387391	4918076.91841	0.94
PIP1 8	763373.164998	4917973.90908	0.68
PIP1 9	763139.677182	4917898.3689	0.95
PIP1 10	762878.720203	4917795.35957	0.93
PIP1 11	762624.630515	4917712.95211	1.15
PIP1 12	762370.540825	4917637.41193	0.66
PIP1 13	762109.583859	4917561.87175	1.67
PIP1 14	761828.02502	4917479.46429	1
PIP1 15	761553.333466	4917397.05684	1.43
PIP1 16	761264.907336	4917300.91479	1.27
PIP1 17	760962.746608	4917177.30359	1.06
PIP1 18	760626.249471	4917060.55968	1.5
PIP1 19	760296.619613	4916950.68307	1.13

Tabella 3.4 – Coordinate ed elevazione dei punti del Transetto PIP1

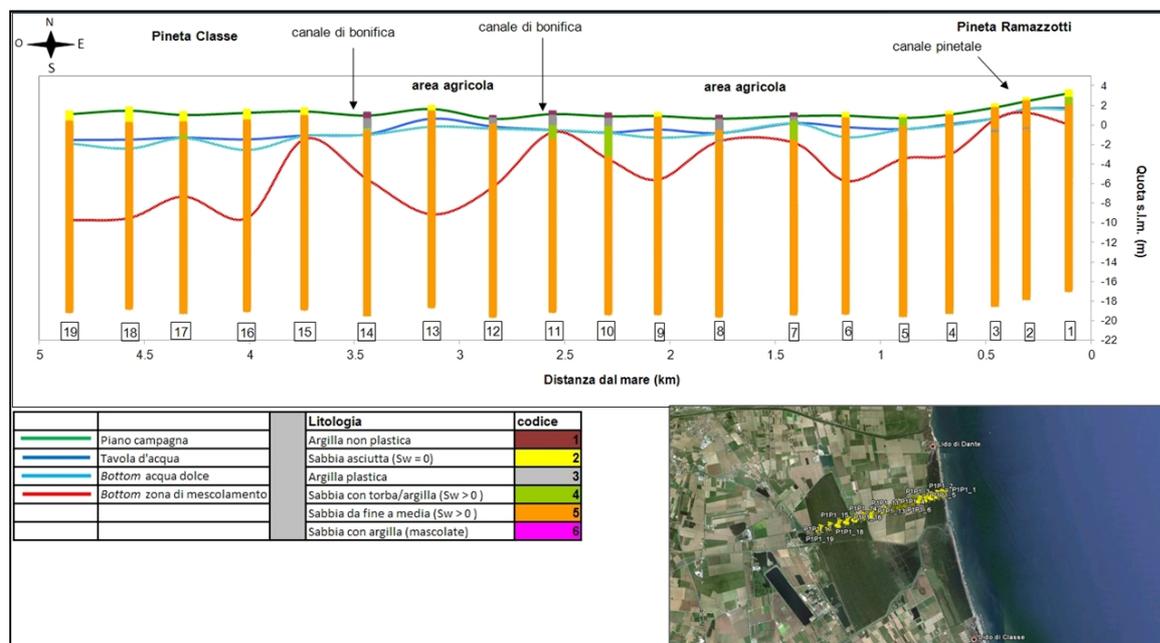


Figura 3.7 - Transetto PIP1 con legenda esplicitiva e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

I depositi superficiali che si incontrano sono sabbie e argille-limose. I depositi sabbiosi si trovano prevalentemente all'interno delle due pinete, mentre i depositi argillosi si trovano nelle aree coltivate. Dalla sezione si riscontra la presenza di acqua dolce in falda nei punti: 1, 4, 6, 9, 13, 16, 18 e 19 (Figura 3.7); con uno spessore che varia da 0,10 m (punto n°4) ad 1 m (punti n° 6 e 16). In corrispondenza degli stessi punti il fondo della zona di mescolamento si approfondisce. Lo spessore della zona di mescolamento varia da un minimo di 0,10 m (punto n° 3) ad un massimo di 8,97 m (punto n°13). Sono presenti inoltre 3 canali di bonifica nelle vicinanze dei punti n° 2, 11 e 14. I canali di bonifica sono disposti parallelamente alla direzione dello stendimento, inoltre in tutta l'area sono presenti canali di dimensioni minori ai precedenti. Dalla sezione è ben evidente come in corrispondenza dei canali di bonifica c'è la scomparsa dell'acqua dolce e il repentino assottigliarsi della zona di mescolamento (punti n° 2, 11 e 14.) in modo da facilitare la risalita dell'acqua salata (Figura 3.7).

3.2.2 Transetto NPD2

Il transetto NPD2 è stato eseguito nel mese di aprile del 2009 ed è situato all'estremo lembo nord della pineta Ramazzotti, partendo dal retroduna fino a circa 2 km verso l'interno nei campi coltivati (Figura 3.8). Le coordinate e le quote dei vari punti sono riportate in Tabella 3.5.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
NPD2 1	764523.303617	4919798.57575	1.55
NPD2 2	764353.408787	4919782.26938	0.35
NPD2 3	764111.421977	4919764.80862	-0.2
NPD2 4	763960.022531	4919752.05024	0.55
NPD2 5	763760.991787	4919735.03906	0.43
NPD2 6	763541.547636	4919716.32677	0.78
NPD2 7	763319.551813	4919697.61448	0
NPD2 8	763077.993133	4919677.20107	0.1
NPD2 9	762804.963789	4919654.23598	0.22

Tabella 3.5 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto NPD2

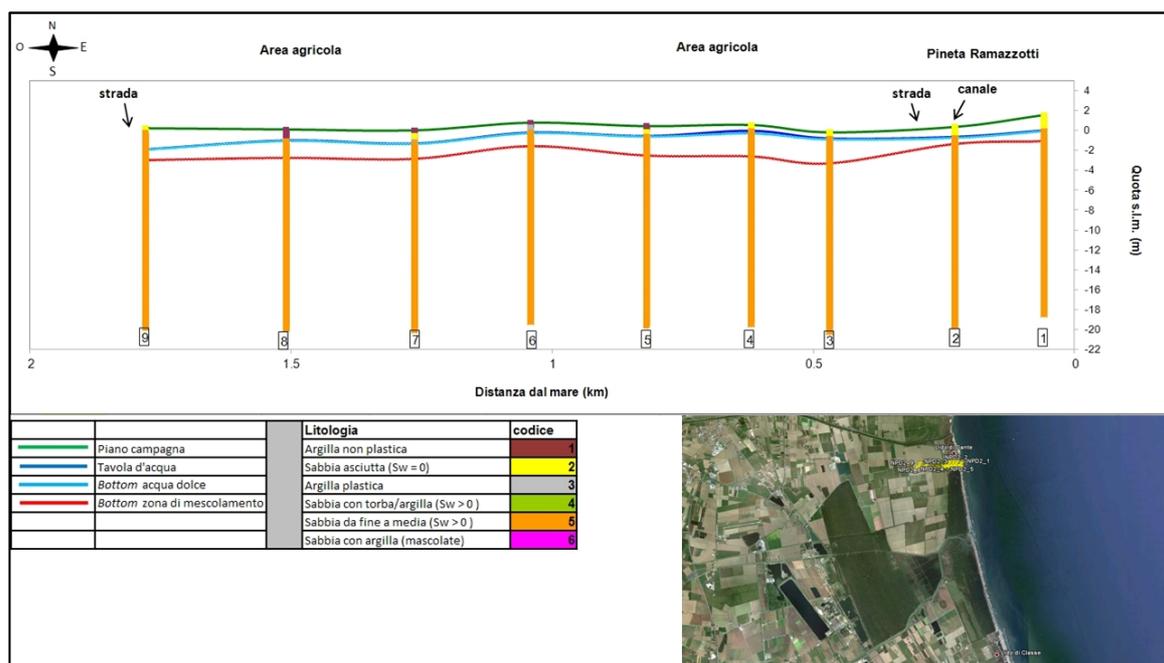


Figura 3.8 - Transetto NPD2 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

Questa sezione ci mostra la quasi totale assenza di acqua dolce in falda, ad eccezione del punto n° 4 dove ne troviamo circa 0,20 m. Anche la zona di mescolamento si presenta estremamente piatta con spessori che variano da 0,61 m (punto n°2) a 2,40 m (punto n° 4).

3.2.3 Transetto P8P8

Il transetto P8P8 è stato eseguito nell'ottobre del 2009 situato in località Marina Romea, parte dal retroduna fino a raggiungere una distanza di circa 3 km verso l'interno (Figura 3.9). Le coordinate geografiche dei vari punti sono riportati in Tabella 3.6.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
P8P8 1	760608.19437	4936272.27101	2.8
P8P8 2	760475.344057	4936370.78827	1
P8P8 3	760210.665021	4936244.06302	0.6
P8P8 4	759652.610863	4936061.04086	-0.49
P8P8 5	759260.419368	4936239.83612	-0.3

P8P8 6	758813.419088	4936378.74927	-0.5
P8P8 7	758509.684356	4936475.78147	-0.2
P8P8 8	758014.002817	4936783.14275	-0.3

Tabella 3.6 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto P8P8

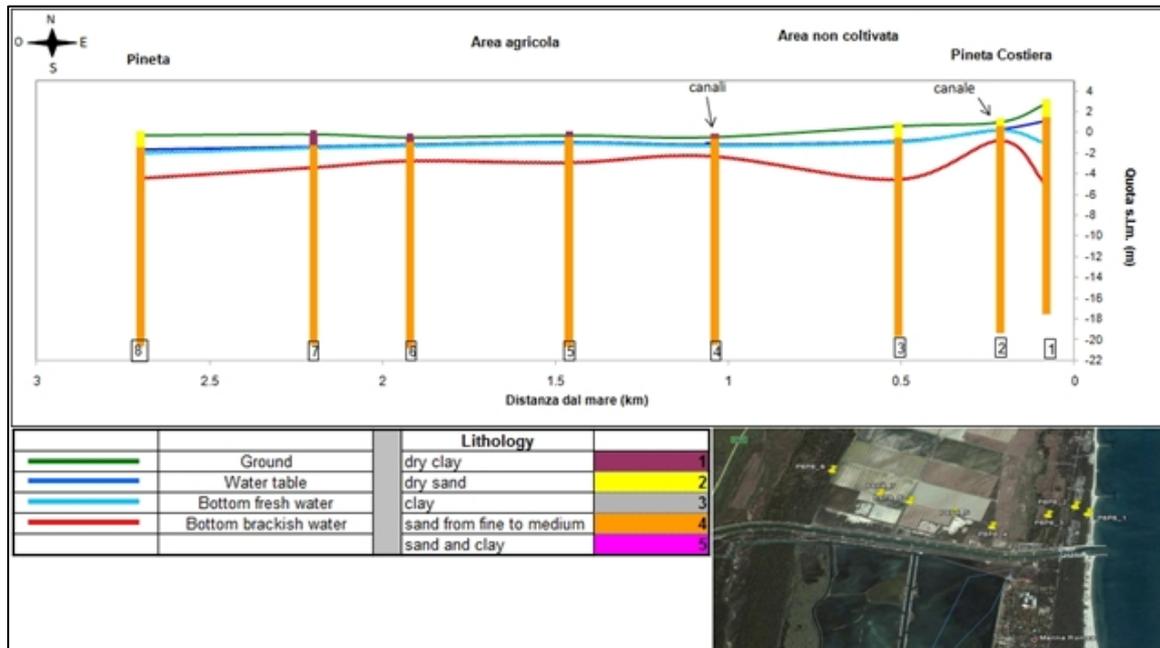


Figura 3.9- Transetto P8P8 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

Anche questa sezione è caratterizzata dalla quasi totale assenza di acqua dolce in falda, gli unici punti dove se ne riscontra la presenza sono il n°1 con 2,25 m ed il numero 8 con 0,2 m di spessore; entrambi i punti sono localizzati su un deposito superficiale sabbioso. La zona di mescolamento ha spessori che variano da 1,05 m nel punto n°4, in corrispondenza di uno strato argilloso superficiale, fino a 4,08 m nel punto n°1 dove c'è una certa quantità di acqua dolce che causa un'approfondirsi del fondo della zona salmastra di mescolamento. È interessante vedere come nel punto n° 2, in corrispondenza di uno scolo pinetale, vi sia la scomparsa dell'acqua dolce ed un forte assottigliamento dello strato di mescolamento a favore di una risalita dell'acqua salata.

3.2.4 Transetto P9P9

Il transetto P9P9 è stato eseguito nel dicembre del 2009 in località Casalborsetti, partendo dal retroduna fino ad arrivare a circa 2,6 km verso l'interno, attraversando aree pinetali, terreni agricoli e zone rinaturalizzate a bosco. Le coordinate geografiche dei vari punti sono riportati in Tabella 3.7.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
P9P9 1	760728.146119	4938201.24408	2.846
P9P9 2	760713.236188	4938287.09505	2.02
P9P9 3	760409.467567	4938334.63252	0.45
P9P9 4	760120.410981	4938329.16451	0.37
P9P9 5	759689.690762	4938560.76686	0.33
P9P9 6	759173.22238	4938576.37122	0.2
P9P9 7	758881.451193	4938662.31898	0.05
P9P9 8	758637.90401	4938869.51766	0.35
P9P9 9	758258.051784	4938836.62269	-0.007

Tabella 3.7 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto P9P9

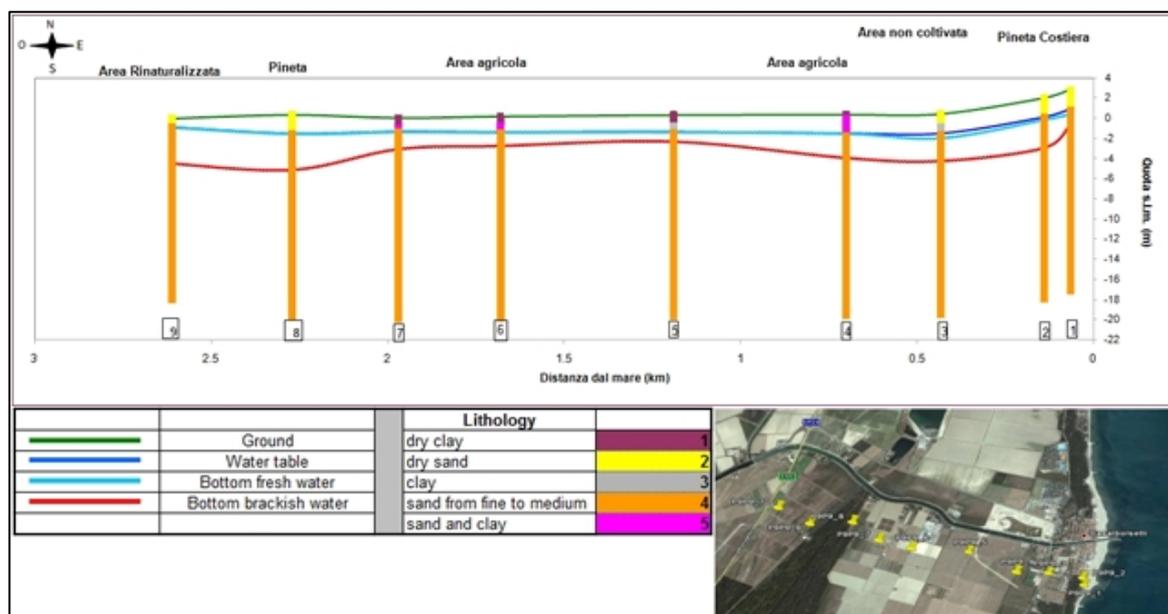


Figura 3.10 – Transetto P9P9 con legenda esplicitiva e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

Le uniche lenti di acqua dolce presenti in questa sezione si trovano nei punti ° 1, 2 e 3 con spessori che vanno da 0,26 m (punto n° 2) a 0,53 m (punto n° 1) (Figura 3.10). Anche in questo caso nei punti interessati dalla presenza di acqua dolce il deposito superficiale è di tipo sabbioso. La zona di mescolamento varia da 0,87 m (punto n° 5) a 3,52 m (punto n° 9) in spessore. In Figura 3.10 è possibile notare l'andamento dello spessore dell'acqua salmastra che si assottiglia nella parte centrale del transetto, in corrispondenza di uno strato superficiale argilloso-limoso che varia tra 1,4 m a 1,9 m in spessore. La zona di mescolamento si approfondisce, invece, nei punti iniziali e finali della sezione in corrispondenza di uno strato superficiale sabbioso.

3.2.5 Transetto P6P6

Il transetto P6P6 è stato eseguito nel mese di marzo 2010 in località Lido Adriano, partendo dal retroduna e spingendosi verso l'interno per circa 5,5 km. Il transetto attraversa unicamente terreni agricoli (Figura 3.11). In Tabella 3.8 sono riportate le coordinate e l'elevazione dei punti di questo transetto.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
P6P6 1	763500.448588	4921968.61151	0.91
P6P6 2	762945.269418	4921775.83499	1.04
P6P6 3	762622.784861	4921773.83968	0.91
P6P6 4	762371.422702	4921766.60274	0.98
P6P6 5	762076.171608	4921510.05729	0.85
P6P6 6	761731.131963	4921453.79537	0.89
P6P6 7	761454.259271	4921440.00694	1.05
P6P6 8	761081.975464	4921442.43218	1.05
P6P6 9	760736.640367	4921477.10925	0.95
P6P6 10	760354.56033	4921299.7261	0.82
P6P6 11	759918.34046	4921813.00037	0.88
P6P6 12	759532.061955	4921789.14223	0.97
P6P6 13	759291.957315	4921411.21261	1.00
P6P6 14	758824.740001	4921566.96905	1.07

Tabella 3.8 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto P6P6

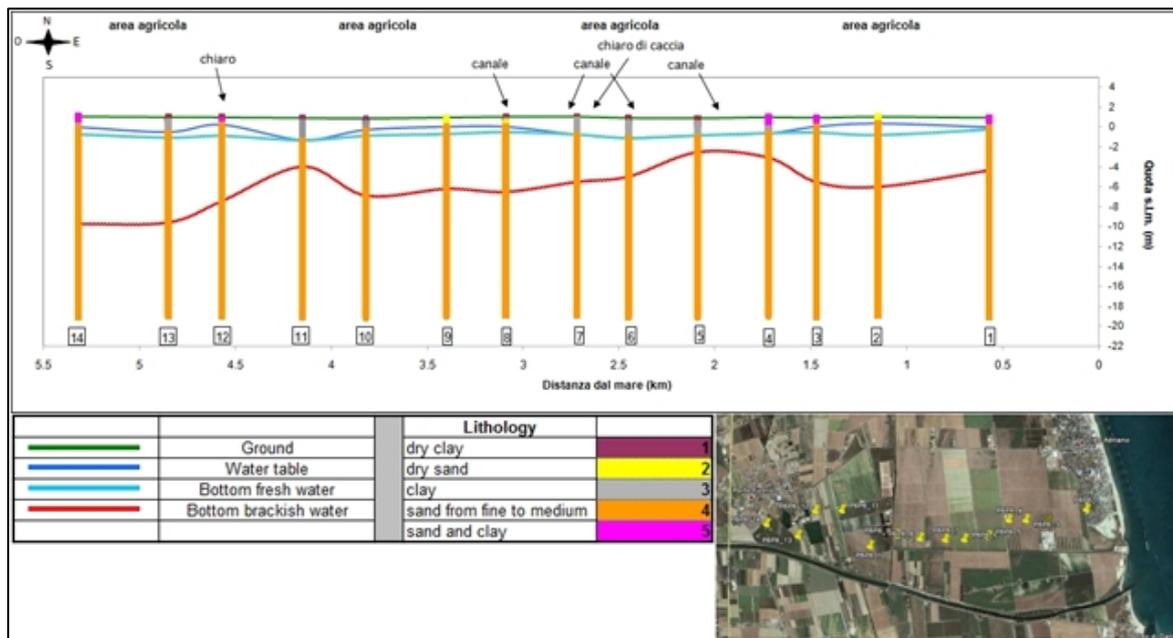


Figura 3.11 –Transetto P6P6 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

In questa sezione è ben visibile la distribuzione a lenti dell'acqua dolce all'interno della falda. Lo spessore delle lenti, quando presenti, va da un minimo di 0,27 m (punto n° 1) ad un massimo di 1,19 m (punto n° 2) (Figura 3.11). Anche in questa sezione l'acqua con una concentrazione salina minore di 3 g/l è presente unicamente in punti dove il deposito superficiale è di tipo sabbioso. Nei punti n° 4, 5, 6, 7 ed 11 (Figura 3.11) in cui troviamo depositi argillosi e limosi che variano in spessore da 1,60 m a 2,20 m, l'acqua dolce scompare e si nota una risalita dell'acqua salmastra. Lo spessore della zona di mescolamento varia tra 1,66 m (punto n°5) e 9 m (punto n°14).

3.2.6 Transetto P3P3

Il transetto P3P3 è stato eseguito nel mese di maggio 2010 in località Lido di Classe, partendo dal retroduna e spingendosi verso l'interno per circa 4,5 km. Il transetto attraversa aree di pineta, terreni agricoli e aree adibite ad estrazione di inerti (Cava Stazzona) (Figura 3.12). Le coordinate e l'elevazione sul livello medio mare sono riportate in Tabella 3.9.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
P3P3 1	765590.720225	4915043.0116	2.45
P3P3 2	765514.930171	4914819.51693	1.8
P3P3 3	765402.050264	4914763.74597	2.23
P3P3 4	764638.607993	4914485.30749	-0.56
P3P3 5	764395.079593	4914285.40689	0
P3P3 6	764100.123255	4913984.41448	-0.2
P3P3 7	763736.21682	4913578.62742	0.66
P3P3 8	763281.037757	4913414.95623	0.7
P3P3 9	762928.744813	4913373.39392	1.25
P3P3 10	762581.931388	4913076.28865	1.05
P3P3 11	762311.86658	4912814.43953	1.45

Tabella 3.9 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto P3P3

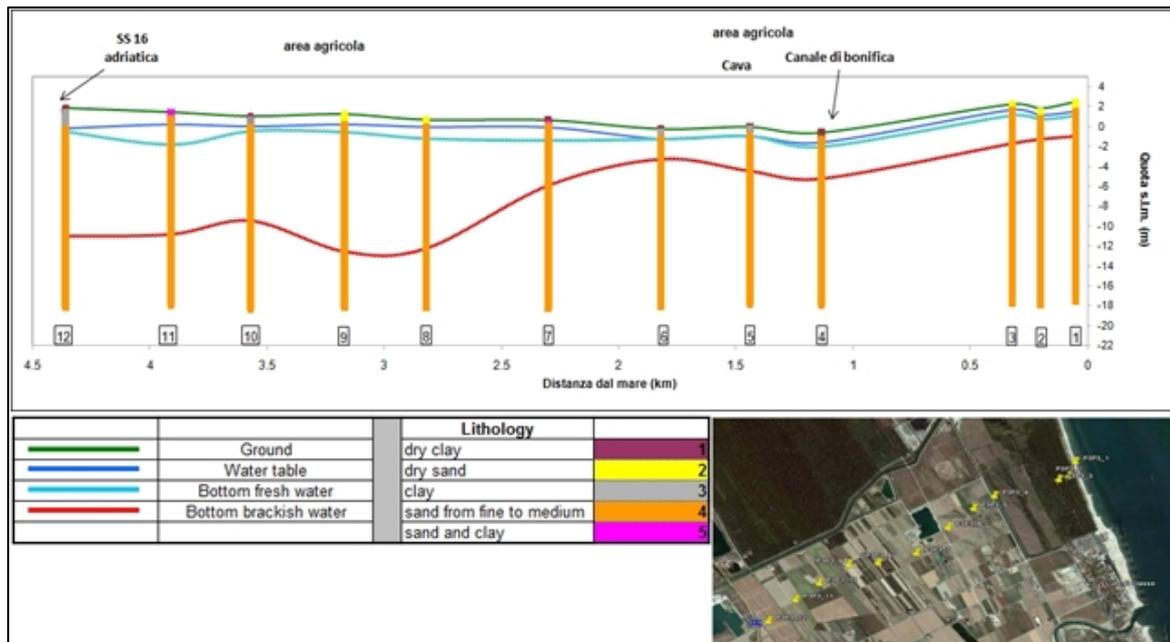


Figura 3.12 –Transetto P3P3 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

La sezione presenta uno strato quasi ininterrotto di acqua dolce in falda dall’inizio alla fine, fatta eccezione per i punti n° 5 e 6 dove essa scompare (Figura 3.12). È interessante notare come in una sezione che presenta “un’abbondanza” d’acqua dolce rispetto alle altre analizzate finora, l’interruzione della continuità dello strato di acqua dolce si trovi in corrispondenza del

canale di bonifica, dell'area di cava e di un deposito superficiale argilloso-limoso (punto n° 5 e 6) (Figura 3.12). Lo spessore dello strato di acqua dolce varia tra 0,3 m (punto n° 12) a 2.00 m (punto n° 11). La zona di mescolamento ha spessori che vanno da 2,00 m (punti n° 1, 2 e 6) a 12,00 m (punto n°9) (Figura 3.12).

3.2.7 Transetto NPD2 bis

Il transetto NPD2 bis è stato eseguito nel mese di giugno 2010 in località Lido di Dante partendo dal retroduna all'interno della pineta Ramazzotti fino ad arrivare a circa 1,8 km verso l'interno nei campi agricoli retrostanti l'area di pineta (Figura 3.13). Il rilievo ripete i punti già misurati nel transetto NPD2 nel mese di aprile 2009, in modo da avere un confronto della stessa area in due periodi diversi dell'anno con regimi pluviometrici differenti. In Tabella 3.10 sono riportate le coordinate e l'elevazione dei punti in oggetto.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
NPD2 bis 1	764533.234656	4919750.17799	1.55
NPD2 bis 2	764141.166677	4919877.2557	0.35
NPD2 bis 3	763943.150874	4919848.98688	-0.2
NPD2 bis 4	763751.495282	4919803.51333	0.55
NPD2 bis 5	763568.138819	4919775.73792	0.43
NPD2 bis 6	763315.125929	4919931.62855	0.78
NPD2 bis 7	762745.949527	4919813.76109	0
NPD2 bis 8	764352.317434	4919795.40479	0.1

Tabella 3.10 – Coordinate ed elevazione dei punti del transetto NPD2 bis

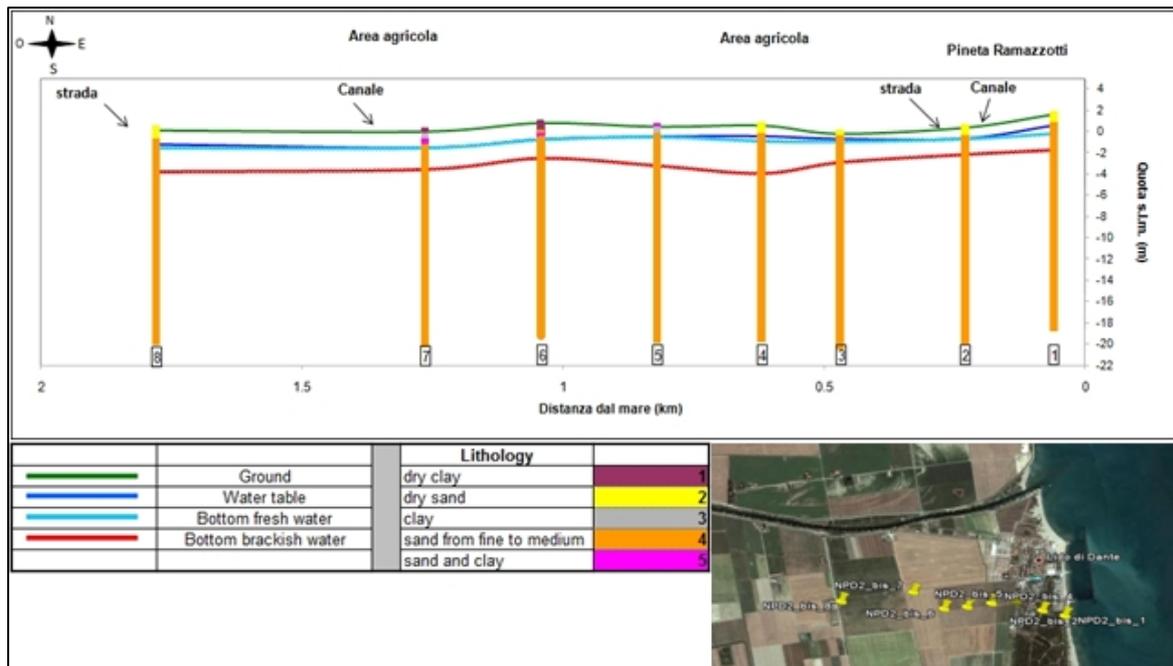


Figura 3.13 –Transetto NPD2 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

Questa sezione (Figura 3.13) presenta tre lenti di acqua dolce nei punti n° 1, 3, 4 e 8 con spessori che variano da 0,20 m (punto n° 3) a 0,70 m (punto n° 1). Lo spessore della zona di mescolamento varia da 1,42 m (punto n° 2) a 3,00 m (punto n°4). Anche in questo caso si nota come la zona di mescolamento abbia il minimo dello spessore in corrispondenza di uno scolo pinetale (punto n° 2) ed il massimo in corrispondenza di una bolla d'acqua dolce all'interno dei campi agricoli dove si riscontra un deposito superficiale sabbioso.

3.2.8 Transetto P8P8 bis

Il transetto P8P8 bis è stato eseguito nel mese di luglio 2010 in località Marina Romea (Figura 3.14), subito a nord del fiume Lamone, partendo dal retroduna fino a circa 3 km nell'entroterra attraversando aree pinetali, aree non coltivate e campi agricoli (Figura 3.14). Anche questo transetto è una ripetizione del rilievo effettuato nel mese di ottobre 2009 nei medesimi punti. Le coordinate e l'elevazione dei punti sono riportati in Tabella 3.11.

Nome	EST UTM ED50	NORD UTM ED50	Quota P.C. (m s.l.m.)
P8P8 bis 1	760608.995278	4936271.84822	1.54
P8P8 bis 2	760485.439585	4936461.03627	0.4
P8P8 bis 3	760377.532606	4936207.03353	0.7
P8P8 bis 4	759634.452709	4936464.96709	-0.75
P8P8 bis 5	759183.883154	4936597.70337	-0.73
P8P8 bis 6	758772.910143	4936731.82665	-1
P8P8 bis 7	757857.62094	4936959.60846	1.9

Tabella 3.11 – Coordinate ed elevazione del transetto P8P8 bis

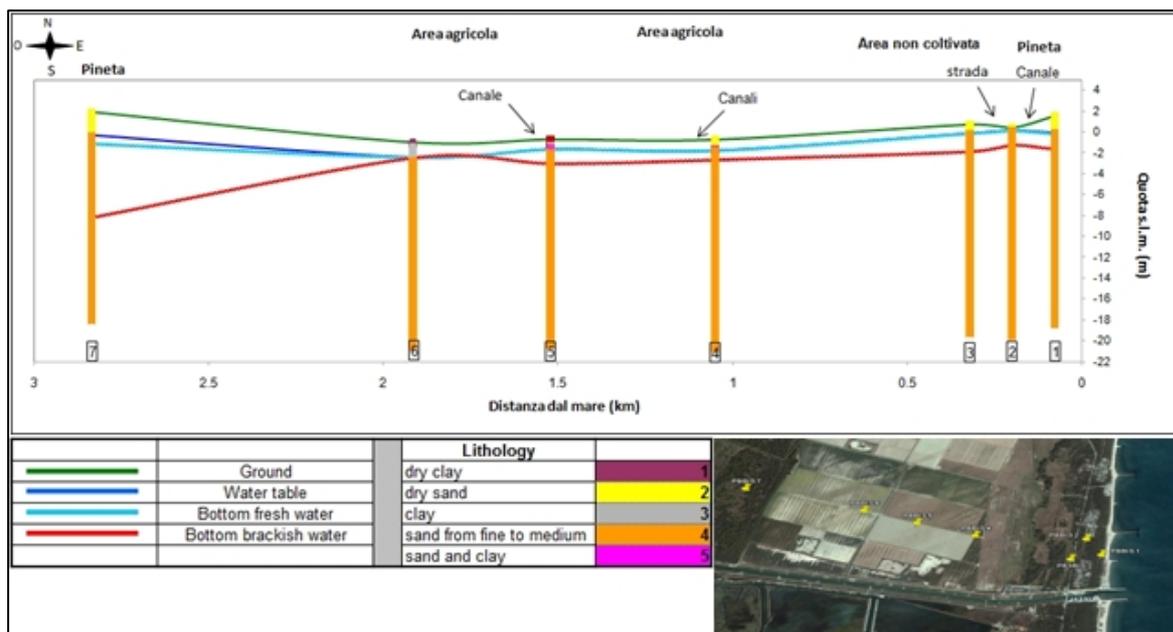


Figura 3.14 –Transetto P8P8 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

In questa sezione si riscontrano due piccole bolle di acqua dolce con spessore, la prima di 0,10 m nel punto n° 1 (retroduna) e la seconda di 0,80 m nel punto n° 8 (pineta di San Vitale). La zona di mescolamento ha spessori che variano tra 0,85 m (punto n°4) e 7,00 m (punto n°7) (Figura 3.14). Nel punto n° 6 si riscontra direttamente acqua salata alla superficie della tavola d'acqua con la scomparsa totale della zona di mescolamento. Questo avviene in corrispondenza di uno strato argilloso con uno spessore di circa 1,5 m.

3.3 Confronto dati geofisici - dati pluviometrici

Altro dato interessante viene dal confronto delle sezioni ottenute con le prospezioni geofisiche e i dati meteo del sistema dexter dell'Arpa (2010) Regione Emilia Romagna (<http://dexter-smr.arpa.emr.it/Dexter>). I Dati pluviometrici giornalieri sono della stazione di rilevamento con nome "Ravenna" e vanno dal 01/01/2009 al 31/10/2010 (Figura 3.15).



Figura 3.15 – Stazione meteo "Ravenna" segnata in rosso

Le quantità mensili di pioggia variano dai 10 mm del mese di settembre 2009 ai 127 mm del mese di ottobre 2009.

3.3.1 Aprile 2009

Il mese di aprile 2009 è caratterizzato da 38 mm di pioggia e nei mesi precedenti le precipitazioni non sono state di grande entità, infatti nel transetto NPD2 è presente pochissima acqua dolce al top della falda ed anche lo spessore della zona di mixing è molto ridotto.

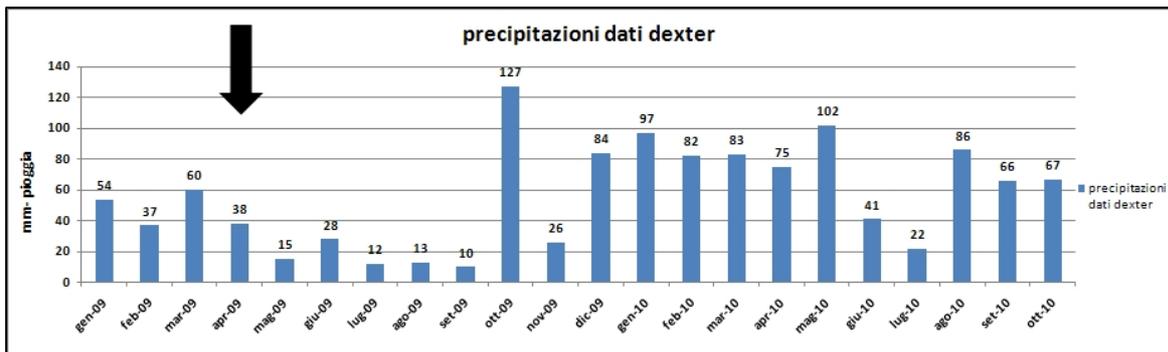


Figura 3.16 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Aprile 2009

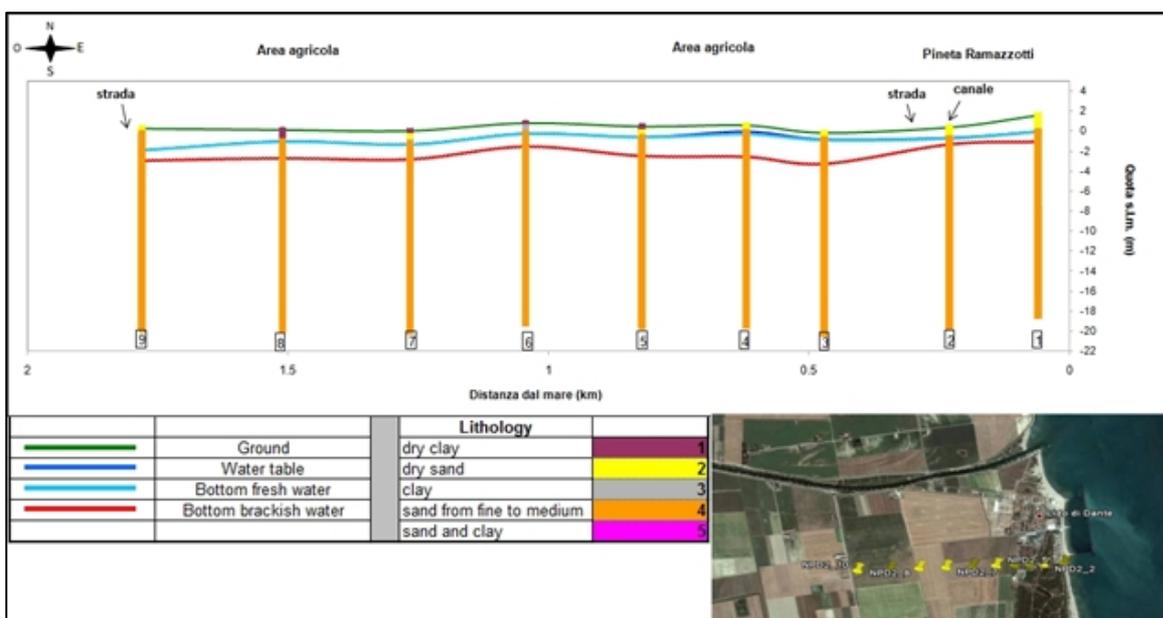


Figura 3.17 –Transetto NPD2 con legenda esplicitiva e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

3.3.2 Giugno 2010

Il transetto NPD2 bis è la ripetizione del transetto NPD2 ma in un periodo differente dal punto di vista del regime pluviometrico. Infatti, il transetto di Figura 3.19 è stato eseguito nel mese di giugno del 2010 quando si sono registrati 41 mm di pioggia, quantità non molto differente dal mese di aprile del 2009. Il periodo precedente (aprile-maggio 2010), però, è stato caratterizzato da una quantità di piogge molto elevata.

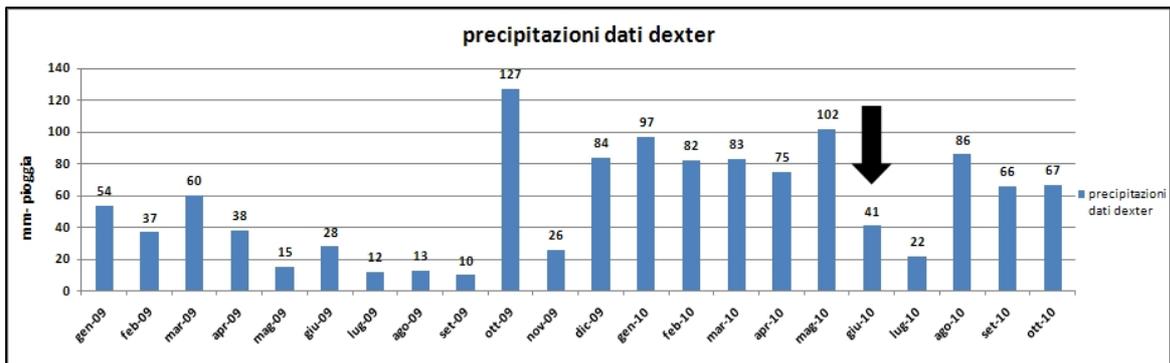


Figura 3.18 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Giugno 2010

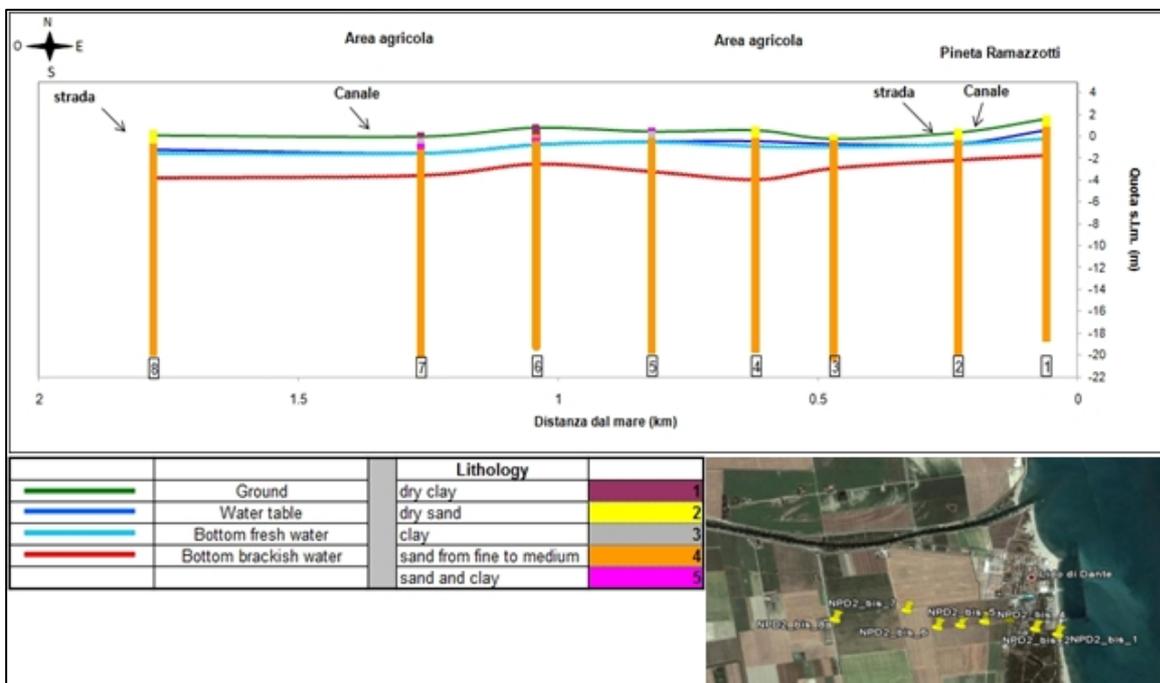


Figura 3.19 –Transecto NPD2 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

Infatti, a differenza della prima esecuzione è presente una quantità di acqua dolce maggiore, esclusivamente dove il deposito superficiale è di tipo sabbioso nei punti n° 1, 4 e 8 (Figura 3.19) ed uno spessore della zona di mixing più grande nei medesimi punti (vedi Tabella 3.12). Nelle stazioni di rilevamento dove è presente un deposito superficiale argilloso-limoso, la situazione è pressoché immutata rispetto al primo rilievo.

	NPD2		NPD2 bis	
	Spessore H ₂ O dolce	Spessore H ₂ O salmastra	Spessore H ₂ O dolce	Spessore H ₂ O salmastra
Minimo	0.20 m	0.61 m	0.20 m	1.42 m
Massimo	0.20 m	2.40 m	0.70 m	3.00 m

Tabella 3.12 - Confronto dello spessore acqua dolce e acqua salmastra in due stagioni diverse Transetto NPD2

3.3.3 Settembre 2009

Il mese di settembre 2009 è caratterizzato da 10 mm di pioggia (Figura 3.20), ed i mesi che lo precedono sono stati particolarmente poveri di precipitazioni. Di conseguenza il profilo P8P8 si presenta quasi totalmente privo di lenti di acqua dolce, con un'eccezione nell'area retrodunale dove ne è presente uno spessore di circa 2,25 m.

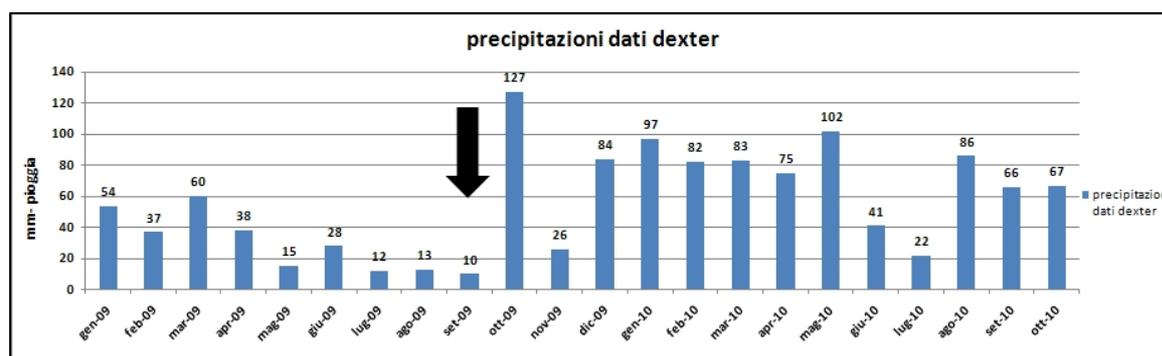


Figura 3.20 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Settembre 2009

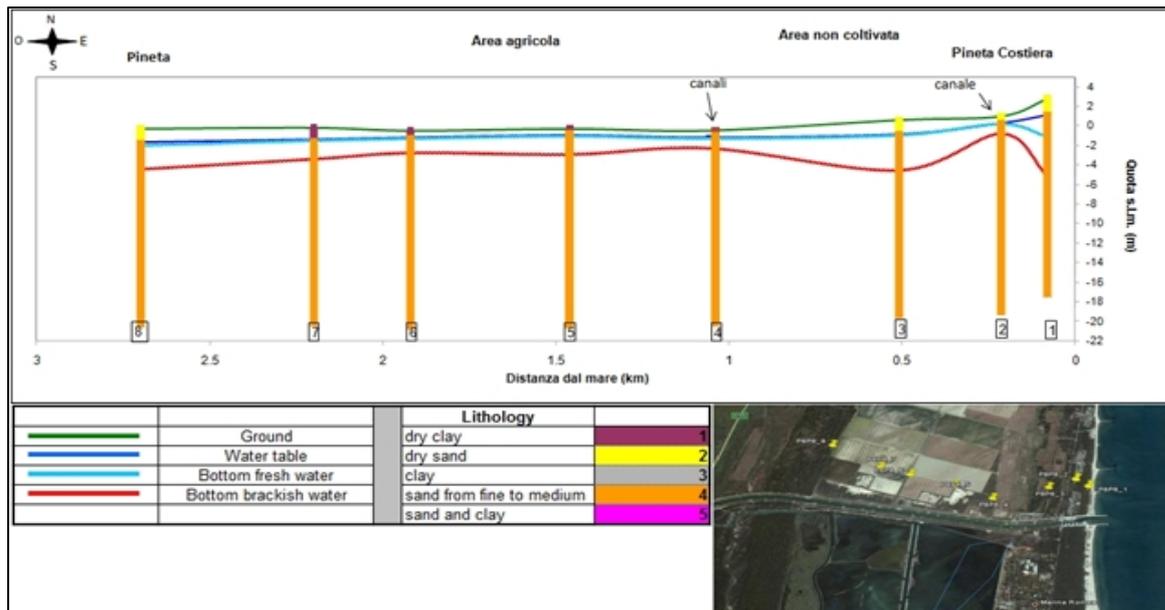


Figura 3.21 –Transecto P8P8 con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

3.3.4 Luglio 2010

Il transecto P8P8 bis (Figura 3.23) è la ripetizione del transecto P8P8 (Figura 3.21) eseguito nel mese di luglio 2010 in cui si sono avuti 22 mm di pioggia. Il periodo antecedente il rilievo geoelettrico presenta una quantità di piogge non molto elevata nel mese di giugno ma cospicua nei mesi di aprile e maggio.

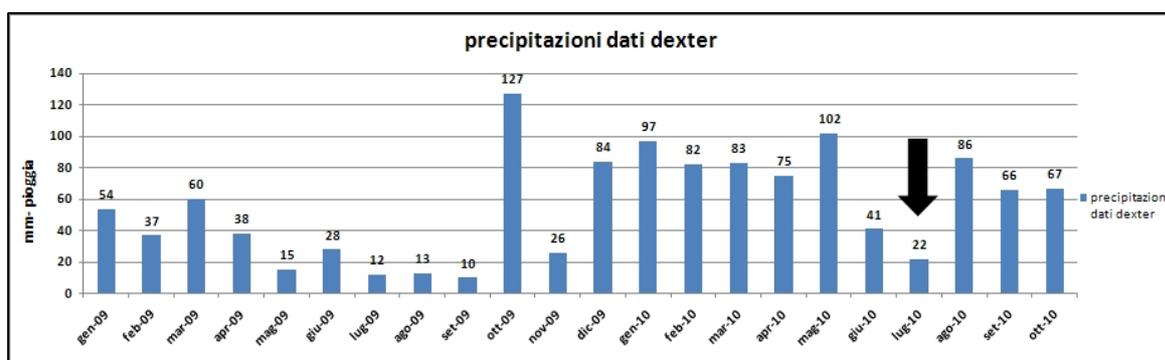


Figura 3.22 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Luglio 2010

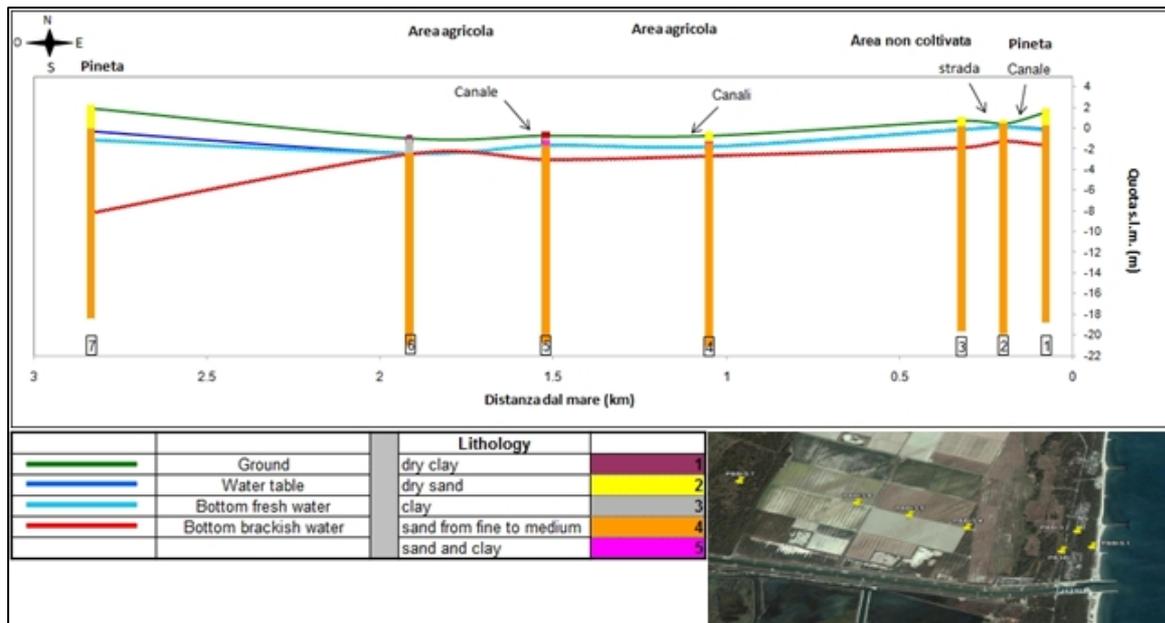


Figura 3.23 –Transetto P8P8 bis con legenda esplicativa e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

La sezione del 2010 presenta, a differenza di quella rilevata nel 2009, la presenza di acqua dolce nel punto n°7 (Figura 3.23) ma la sua scomparsa nella falda del retroduna (punto n°1). La zona salmastra di mescolamento scompare completamente nel punto 6 dove sono presenti dei depositi argilloso-limosi con uno spessore di 1,4 m.

	P8P8		P8P8 bis	
	Spessore H ₂ O dolce	Spessore H ₂ O salmastra	Spessore H ₂ O dolce	Spessore H ₂ O salmastra
Minimo	0.20 m	1.05 m	0.10 m	0.85 m
Massimo	2.25 m	4.08 m	0.80 m	7.00 m

Tabella 3.13 - Confronto dello spessore acqua dolce e acqua salmastra in due stagioni diverse Transetto P8P8

3.3.5 Marzo 2010

Le piogge cadute nel mese di marzo 2010 ammontano a 83 mm ed i mesi che precedono il rilievo sono caratterizzati da un'eccezionale abbondanza di precipitazioni. Infatti, dal

transetto è ben evidente come le porzioni di falda soggiacenti ad un deposito di tipo sabbioso presentino un notevole spessore di acqua dolce interrotto unicamente nelle aree in cui è presente un deposito di natura argilloso-limoso. L'andamento dello strato di acqua dolce riflette fedelmente l'andamento dello strato di acqua salmastra che raggiunge profondità maggiori nei punti rilevati più lontano dalla costa.

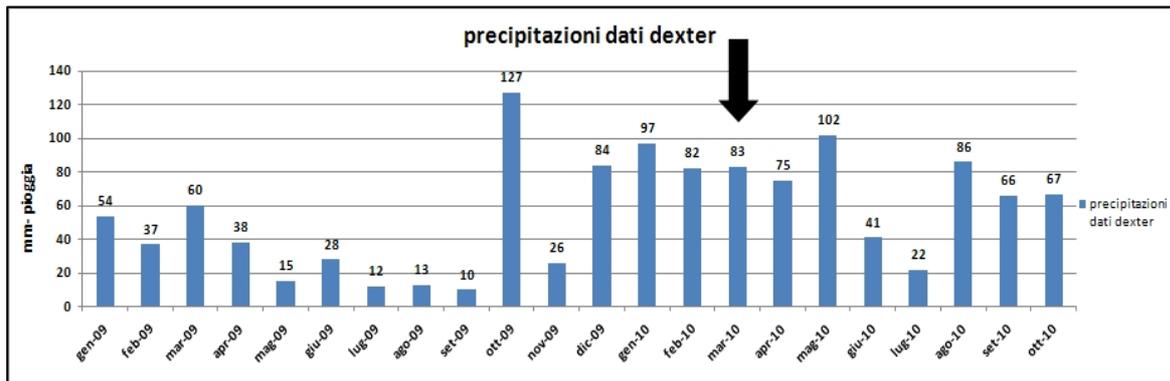


Figura 3.24 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Marzo 2010

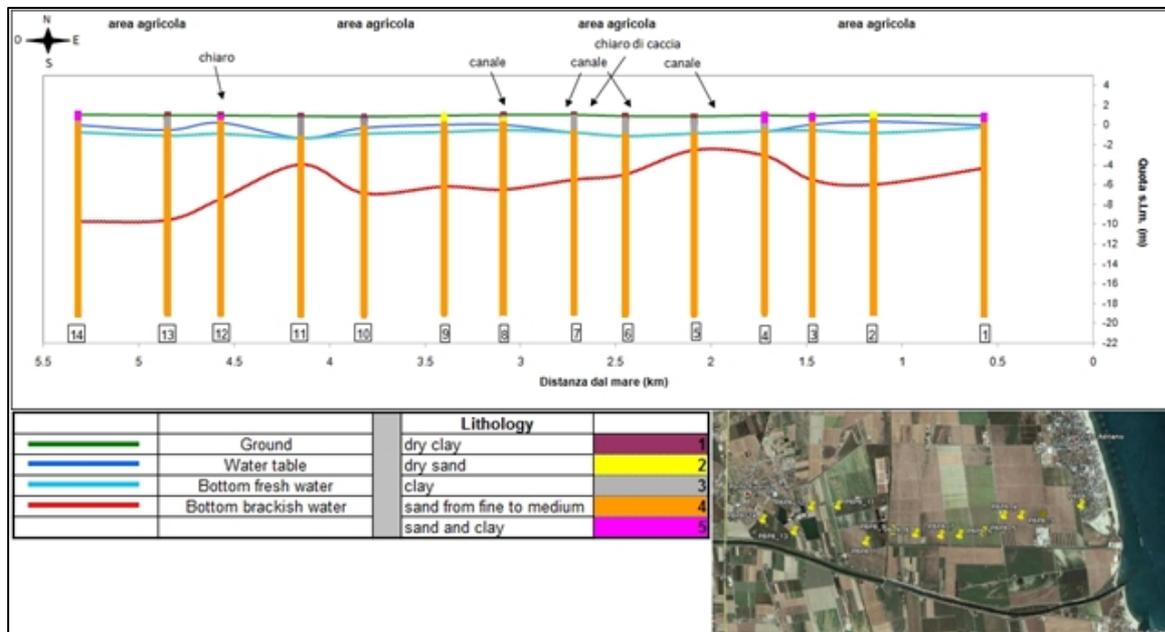


Figura 3.25 –Transetto P6P6 con legenda esplicitiva e localizzazione visiva dei punti di rilevamento

3.3.6 Maggio 2010

Anche in questo caso, come il precedente, il periodo in cui è stato condotto il rilievo geofisico ricade in mesi con una grande abbondanza di precipitazioni. Nel maggio del 2010 (102 mm) ed anche nei 7 mesi precedenti ci sono stati grandi quantità di piogge, fatta eccezione per il mese di novembre 2009 con 26 mm (Figura 3.26). Questa abbondanza di ricarica si riflette lungo tutto il transetto (Figura 3.27) poiché risulta presente uno spessore d'acqua dolce quasi continuo al *top* della tavola d'acqua ad eccezione dei punti centrali in corrispondenza della cava "Stazzona" dove presente un deposito superficiale argilloso. L'acqua dolce presenta valori da 0,30 m a 2,00 m in spessore. I valori più alti sono presenti nei punti dove la ricarica è facilitata da depositi ad alta permeabilità (sabbie), viceversa nei depositi a bassa permeabilità (argille-limi) ritroviamo valori minori o a volte anche l'assenza. In Figura 3.27 si vede bene come lo spessore della zona di mescolamento varia al variare della quantità di acqua dolce presente nella parte alta dell'acquifero, avendo profondità minori in prossimità della costa e maggiori verso l'entroterra.

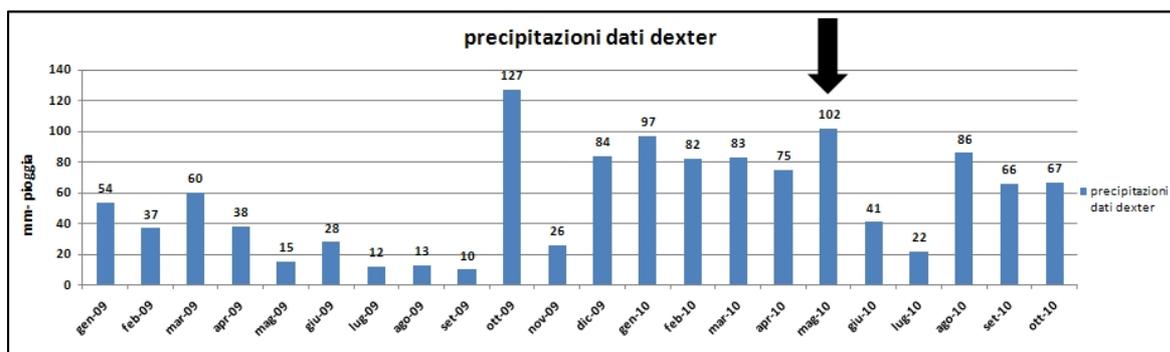


Figura 3.26 –Dati pluviometrici sistema dexter Arpa Regione Emilia Romagna. La freccia indica le piogge di Maggio 2010

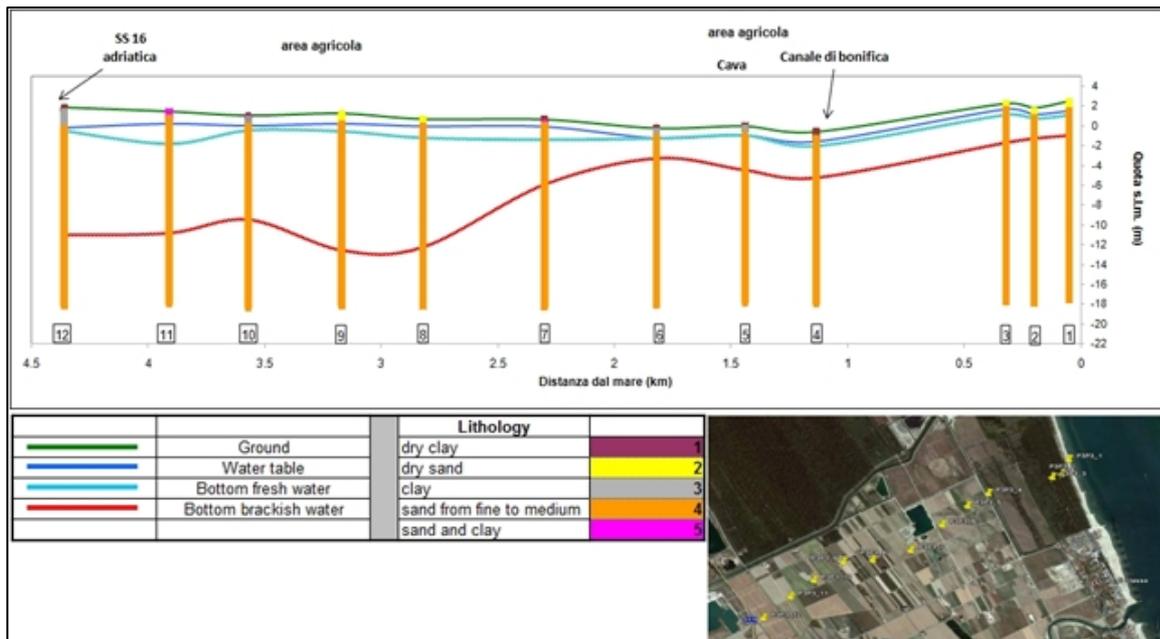


Figura 3.27 –Transetto P3P3 con legenda esplicitiva e localizzazione visiva dei punti di rilevamento.

3.4 Elaborazioni cartografiche

3.4.1 Software utilizzato

Le carte degli spessori delle varie tipologie di acqua (dolce, salmastra) presenti in falda sono state elaborate utilizzando il software d'informazione geografica Arcgis 9.3 da cui sono state ricavate isolinee con uguale profondità della soglia di passaggio fra i tipi di acqua di saturazione del mezzo poroso. Fra le varie tipologie d'interpolazione dati disponibili, dopo un'attenta analisi, è stato scelto il metodo del *natural neighbor* (ESRI 2000), poiché è un algoritmo lineare che conserva il più possibile la veridicità dei dati misurati. Il metodo del *natural neighbor* costruisce la carta basandosi su una triangolazione che ha come vertice i valori noti, trova il set di valori di input più vicini al punto da interpolare e ne applica il peso proporzionalmente alle aree interessate al fine di definirne i valori (Sibson, 1981). Le carte di seguito riportate, frutto dell'utilizzo del metodo di interpolazione *natural neighbor*, hanno quindi una buona affidabilità nelle vicinanze dei punti noti. L'affidabilità delle carte diminuisce allontanandosi dai punti con dati certi.

3.4.2 Determinazione delle soglie tra diversi tipi di acque di saturazione

Al fine di costruire le carte delle isolinee (per tipologia di acque) è stato necessario ricavare delle soglie (di salinità dell'acqua di saturazione dei depositi sabbiosi) dai dati ottenuti durante le campagne geofisiche. Dall'esperienza acquisita durante il lavoro di raccolta e inversione e dall'interpretazione dei vari elettro-strati, abbiamo stabilito 2 soglie al fine di classificare la qualità delle acque:

1. Interfaccia acqua dolce – acqua salmastra con soglia di salinità dell'acqua di saturazione in sabbia di 3 g/l
2. Interfaccia acqua salmastra - acqua salata (zona di mixing - mescolamento) con soglia di salinità dell'acqua di saturazione in sabbia di 15 g/l

3.4.3 Carte delle isopache dei tipi di acque in falda

Sono state elaborate 4 carte, in cui sono rappresentati gli spessori dei due tipi di acque presenti in falda, l'acqua dolce (soglia 3 g/l) e l'acqua salmastra (soglia 15 g/l), due sono per la zona nord compresa tra Casalborsetti e Marina Romea (Figura 3.28 e Figura 3.29), e due sono per la zona sud compresa tra i Fiumi Uniti e il Fiume Savio (Figura 3.30 e Figura 3.31). Le carte sono rappresentate in trasparenza sovrapposte alla carta dei depositi geologici superficiali, in modo da avere più chiara la dinamica che governa la ricarica dell'acquifero in relazione al tipo di deposito presente.

3.4.3.1 Zona nord

Dalla carta di Figura 3.28 è possibile vedere la presenza di uno spessore di acqua dolce lungo la fascia retrodunale compresa tra Casalborsetti e Marina Romea che scompare spostandosi verso l'interno quando dalla carta geologica risulta la presenza di depositi fini poco permeabili, l'acqua dolce la ritroviamo dove riaffiorano depositi sabbiosi. La carta di Figura 3.29, dello spessore della zona di mescolamento, riflette sostanzialmente la situazione che

abbiamo appena descritto della carta degli spessori dell'acqua dolce, mostrando appena una maggiore regolarità dell'approfondirsi della soglia verso l'interno.

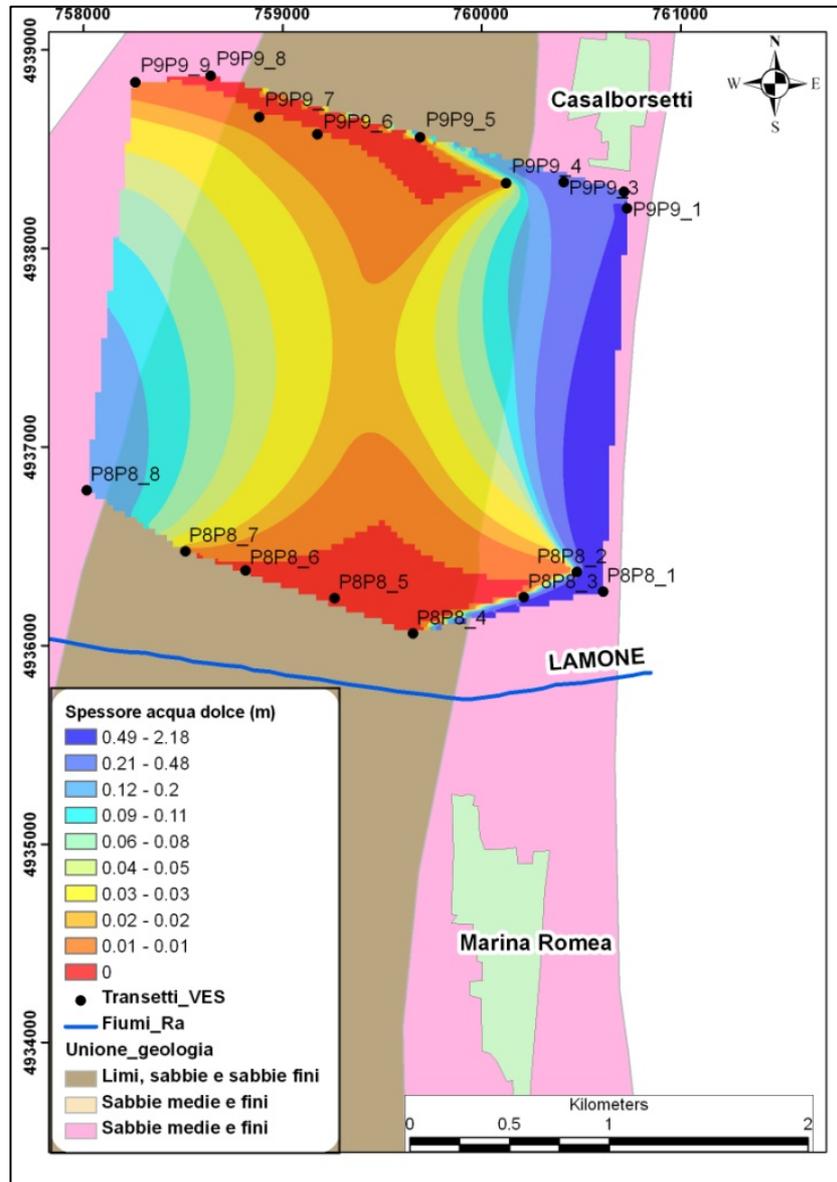


Figura 3.28 – Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l (acqua dolce). Zona nord. Con mappa della geologia (RER, 1999)

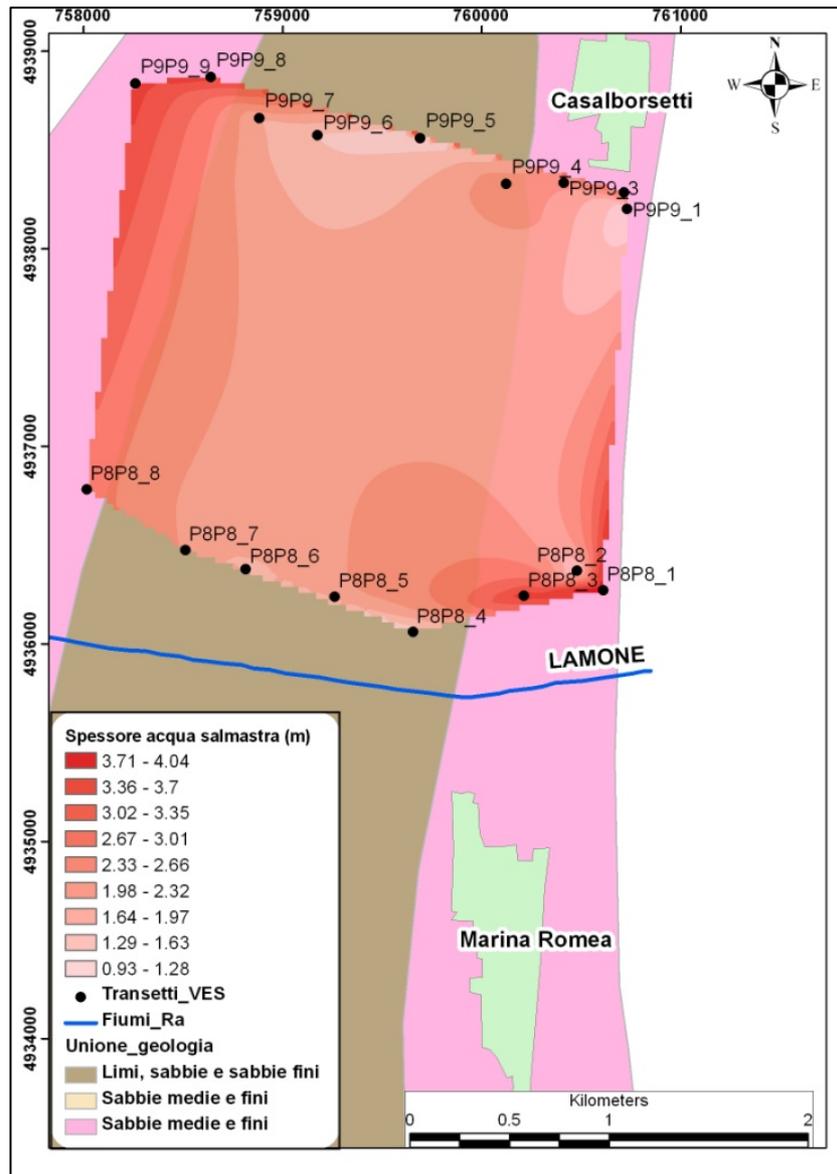


Figura 3.29 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l (acqua salmastra). Zona nord. Con mappa della geologia (RER, 1999)

3.4.3.2 Zona sud

Dalla distribuzione degli spessori di acqua dolce nella carta di Figura 3.30 che va dai Fiumi Uniti a Lido di Classe, risalta molto bene il controllo che esercitano i depositi superficiali sulla presenza e sulla quantità di acqua dolce in falda. Infatti, ve ne è una presenza maggiore dove il materiale che compone lo strato superiore dell'acquifero è di tipo sabbioso (Figura 3.30, colore rosa), viceversa dove il materiale è di tipo argilloso-limoso (Figura 3.30, colore marrone) ve ne è la quasi totale scomparsa. La distribuzione a lenti dell'acqua dolce all'interno della falda può essere interpretata come diretto controllo che hanno la geologia dell'acquifero e le opere antropiche sulla dinamica della ricarica dell'acquifero. Invece dalla carta degli spessori della zona di mixing (Figura 3.31) si nota una maggiore regolarità rispetto alla carta degli spessori di acqua dolce (Figura 3.30), poiché lo spessore dell'acqua salmastra aumenta spostandosi dalla costa verso l'interno. Questo fenomeno può indicare che vi è un minor controllo da fattori come la geologia e le opere antropiche sulla dinamica delle acque salmastre della zona di mescolamento. Nei punti centrali delle carte (Figura 3.30 e Figura 3.31) in corrispondenza del transetto P1P1 (Figura 3.7), sono presenti delle piccole anomalie a livello locale spiegabili come delle eterogeneità dei depositi superficiali a piccola scala non riportate nella mappa della geologia (Regione Emilia-Romagna 1999) riportata come base nella costruzione delle carte di Figura 3.30 e Figura 3.31. L'eterogeneità dei depositi e la presenza di acqua dolce sono documentati nel transetto P1P1 di Figura 3.7.

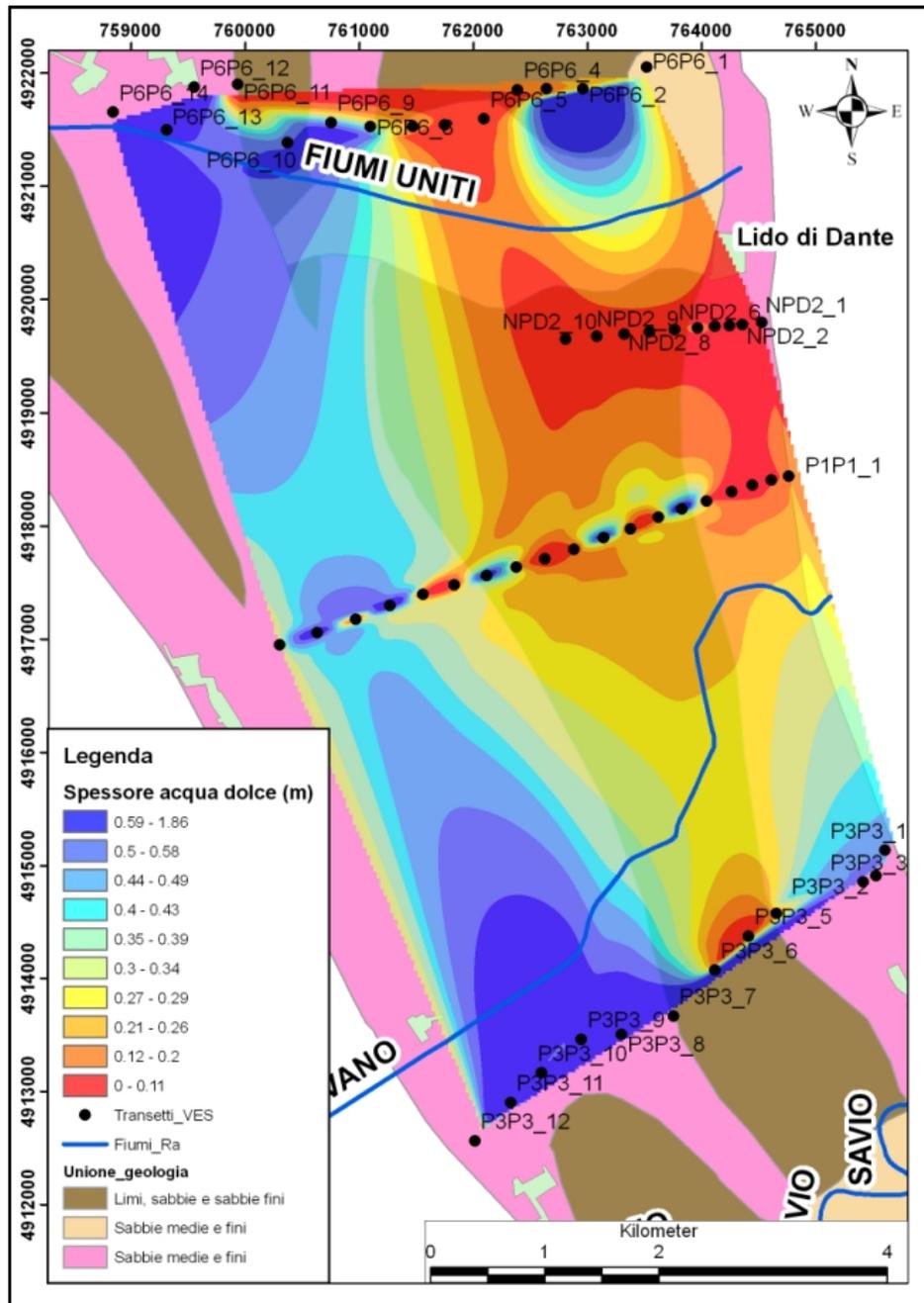


Figura 3.30 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l (acqua dolce). Zona sud. Con mappa della geologia (RER 1999)

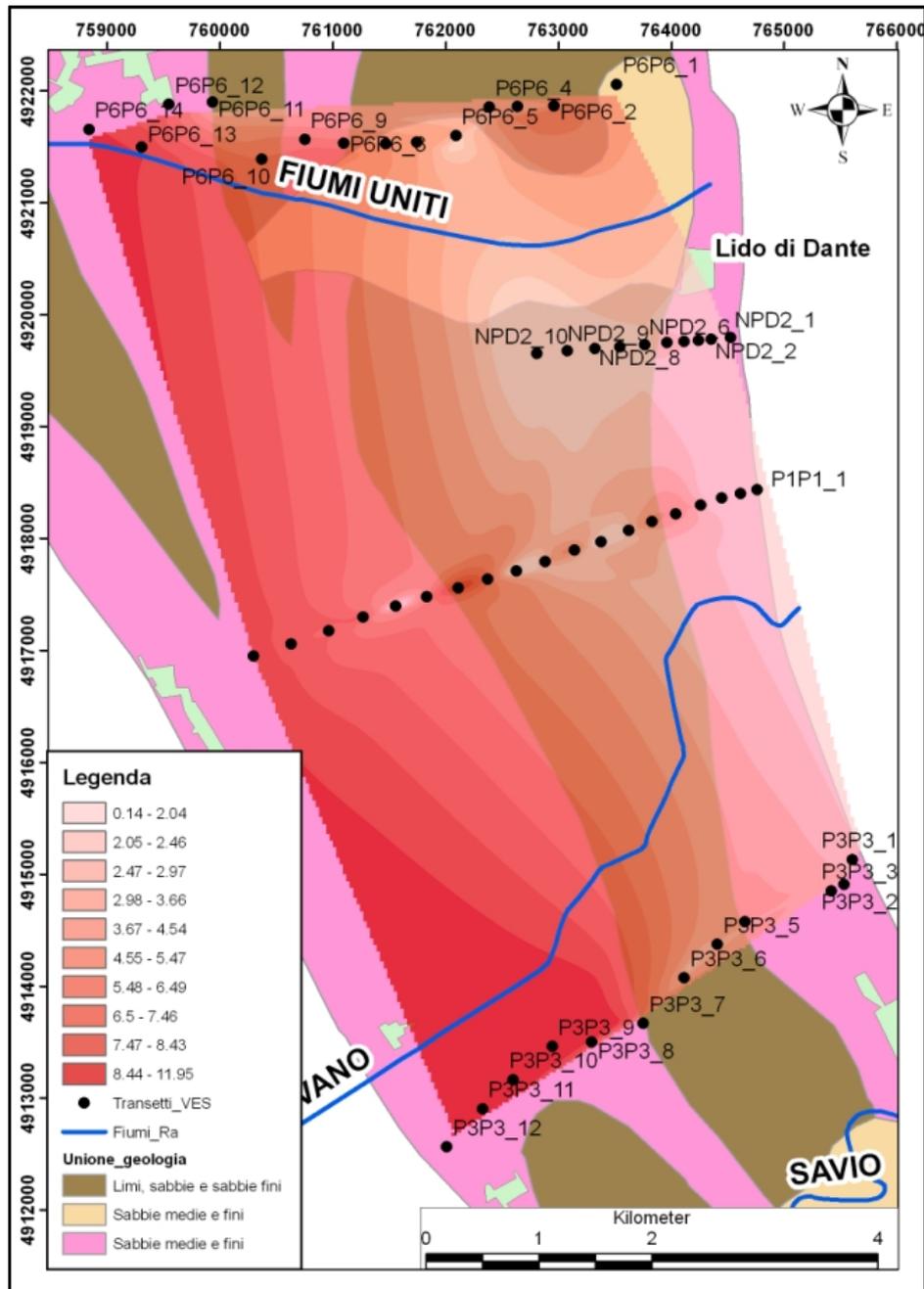


Figura 3.31 - Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l (acqua salmastra). Zona sud. Con mappa della geologia (RER 1999)

3.5 Risultati e discussione

È evidente, da tutti i transetti elaborati, come la presenza di acqua dolce sia estremamente discontinua, creando lenti di spessore variabile da pochi centimetri fino ad arrivare al metro. Le lenti di acqua dolce si riscontrano quasi esclusivamente in corrispondenza di depositi superficiali sabbiosi, mentre, dove si riscontra un livello superficiale argilloso ve ne è quasi sempre la scomparsa. Sono inoltre ben visibili le variazioni dello spessore della zona di mescolamento, infatti, si nota molto bene come in corrispondenza di lenti di acqua dolce il *bottom* della zona di mescolamento si trovi ad una profondità maggiore (Figura 3.32), in concordanza con la legge di Ghijben-Herzberg (Badon-Ghijben, 1888; Herzberg, 1901; Hubbert, 1940).

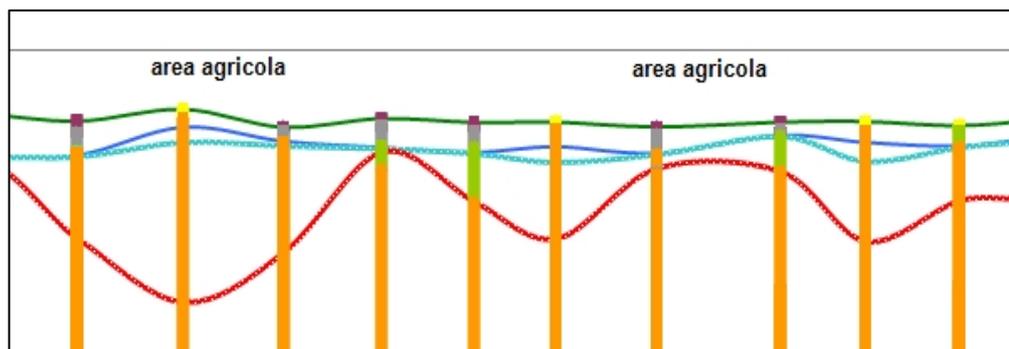


Figura 3.32 – Particolare del transetto P1P1. Variazioni dello spessore della zona di mescolamento

Questo fenomeno si riscontra in tutte le sezioni eseguite, in particolare la presenza di acqua dolce è maggiormente concentrata nelle aree retrodunali e nelle aree di paleoduna dell'interno come ad esempio la pineta di Classe, dove ritroviamo depositi sabbiosi. Altro fenomeno visibile è l'influenza negativa che hanno le varie opere antropiche quali canali di bonifica, strade o laghi di cava. Si nota, infatti, come in prossimità di queste opere vi sia una completa scomparsa dell'acqua dolce e un assottigliarsi dello spessore della zona di mixing, arrivando in alcuni casi alla completa scomparsa di entrambi gli strati andando a riscontrare direttamente acqua salata. Altro fenomeno ben documentato è la stagionalità che controlla la ricarica delle acque di falda. I transetti eseguiti in periodi piovosi (Figura 3.25 e Figura 3.27)

presentano un discreto spessore delle lenti di acqua dolce alla superficie della tavola d'acqua. Viceversa i transetti eseguiti in periodi secchi presentano una quantità di acqua dolce esigua. La stagionalità è ben visibile anche nella ripetizione del medesimo transetto eseguito in momenti differenti dell'anno (Figura 3.13 e Figura 3.14). Dalla visione d'insieme, che ci permettono di avere le carte degli spessori dei vari tipi di acque, risalta ancora meglio la distribuzione a lenti dell'acqua dolce su tutta l'area di studio. Inoltre risalta come lo spessore della zona di mescolamento aumenti allontanandosi dalla costa, questo fenomeno è spiegabile come una maggiore influenza che esercita l'acqua marina vicino alla riva rispetto alle aree interne.

3.6 Conclusioni

L'uso della metodologia geofisica indiretta delle V.E.S., calibrata su dati reali, ci ha permesso di documentare la distribuzione della salinità delle acque di falda all'interno dell'acquifero costiero di Ravenna. Dall'interpretazione delle carte degli spessori dei corpi d'acqua a diversa salinità (Figura 3.28 e Figura 3.30), si nota come la presenza di acqua dolce al top della falda sia discontinua e fortemente influenzata dalla geologia dell'acquifero dalle opere antropiche e dalla stagionalità delle precipitazioni. È presente una distribuzione a lenti, che si trovano quasi esclusivamente in corrispondenza di depositi superficiali ad alta permeabilità (sabbie) e lontano dai canali di bonifica e dai laghi di cava (Paragrafo 3.2). Lo spessore della zona di mescolamento, invece, gode di una maggiore regolarità. Infatti, osservando (Figura 3.31) i cambiamenti dalla costa verso l'entroterra risalta il minore spessore in prossimità della linea di riva, ed un maggiore spessore spostandosi verso l'interno. Se ne può dedurre quindi, che l'acqua della zona di mescolamento non subisce un controllo diretto dovuto alle variazioni stagionali delle precipitazioni, e delle opere antropiche come i canali di bonifica o i laghi di cava. Osservando però le sezioni dei transetti delle V.E.S. è ben evidente come lo spessore della zona di acqua salmastra cambi a seconda della presenza o meno di acqua dolce al *top* della falda (Figura 3.7, Figura 3.9, Figura 3.11, Figura 3.12 e Figura 3.14). Dal confronto dei dati geofisici con i dati pluviometrici c'è una corrispondenza tra la presenza di acqua dolce e una maggiore quantità di precipitazioni (paragrafo 3.3). Si può quindi affermare che le precipitazioni meteoriche esercitano un controllo indiretto sullo spessore della zona di

mescolamento attraverso la presenza e la variazione in spessore dello strato di acqua dolce. Inoltre, le zone che presentano depositi superficiali ad alta permeabilità rappresentano gli unici punti di ricarica e di ricambio delle acque di falda. Particolare importanza assumono, in questo quadro, le dune costiere, come già documentato in letteratura (Antonellini et al., 2010b), in quanto presentano dei depositi di sabbia sciolta ad altissima permeabilità; rappresentano, quindi, delle aree di infiltrazione preferenziale per le piogge. La presenza di acqua di pioggia nei retroduna, oltre a ricaricare la falda, può fungere da barriera all'ingresso dell'acqua marina all'interno dell'acquifero. Infine dallo spessore della zona di mescolamento (Figura 3.29 e Figura 3.31) si vede l'influenza che esercita il mare, maggiore vicino alla costa e minore nelle aree interne verso ovest.

4 Caratterizzazione del livello di falda e della salinità delle acque tramite misure dirette

4.1 Introduzione

Al fine di avere delle misure dirette da integrare allo studio finora effettuato (Capitolo 2 e Capitolo 3) sono state progettate ed eseguite, da tutto il personale del Laboratorio I.G.R.G., due campagne di monitoraggio su piezometri e acque superficiali (Figura 4.1), dove ho partecipato alle campagne di raccolta dati. La prima campagna è stata effettuata nel mese di giugno 2010, mentre la seconda nel mese di dicembre 2010. Lo scopo dei monitoraggi è di avere dati sulla freaticimetria, e cioè la profondità della tavola d'acqua nell'acquifero, e sulla distribuzione della salinità all'interno della falda. I piezometri utilizzati sono completamente filtranti dal piano campagna fino a fondo piezometro.

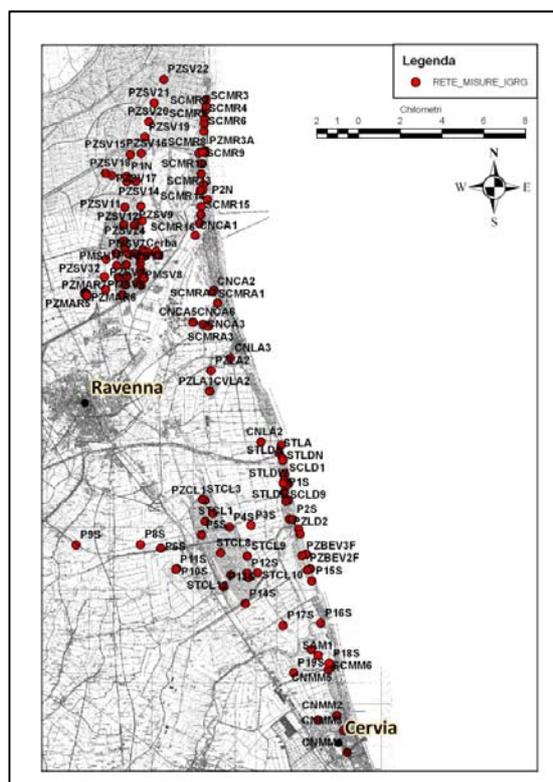


Figura 4.1 - Punti rilevati durante le campagne di monitoraggio

4.2 Reti piezometriche utilizzate

Le due campagne di monitoraggio sono state eseguite su un ampio numero di piezometri a disposizione anche grazie alla nuova rete installata nel corso del 2010 (vedi paragrafo 2.1.1). L'alto numero di piezometri a disposizione ha permesso di ottenere una buona distribuzione dei punti di misura durante la fase di elaborazione dati. Infatti, le reti piezometriche utilizzate sono molteplici, e nella fattispecie:

- Reti piezometriche della Pineta di San Vitale (33 piezometri)
- Rete piezometrica 2011. zona nord (18 piezometri) e zona sud (16 piezometri)
- Rete piezometrica laboratorio I.G.R.G. (27 piezometri)
- Sistemi a minifiltri (3 Sistemi MF)
- Acque superficiali (69 punti di misura)

Tutti i dati riguardanti i punti di monitoraggio utilizzati sono riportati in Appendice 9.4.

4.2.1 Reti piezometriche della Pineta di San Vitale

Il laboratorio dove si è svolto il mio lavoro di dottorato (I.G.R.G.) ha a disposizione vecchie reti piezometriche installate nel corso degli anni grazie ai vari studi svolti. Esiste una rete piezometrica molto fitta all'interno della Pineta di San Vitale (Figura 4.1). I piezometri interessati dal monitoraggio sono riportati in Figura 4.2.

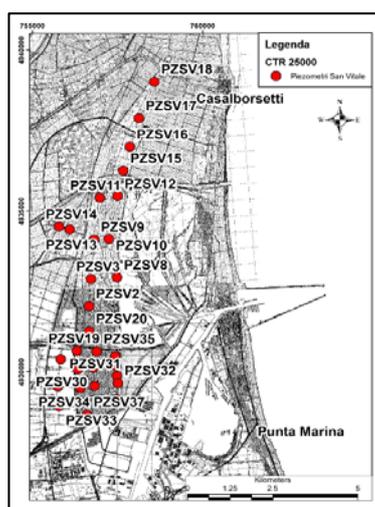


Figura 4.2 Rete piezometrica della Pineta di San Vitale

4.2.2 Nuova rete piezometrica 2010

Come già illustrato nel Capitolo 2 al paragrafo 2.1, sono state eseguite due campagne di installazione piezometrica, nei mesi di aprile e settembre 2010, da cui sono scaturite due serie di pozzi, uno per la zona nord (PnN (Figura 4.3 (a)) ed un altro per la zona sud (PnS (Figura 4.3 (b))).

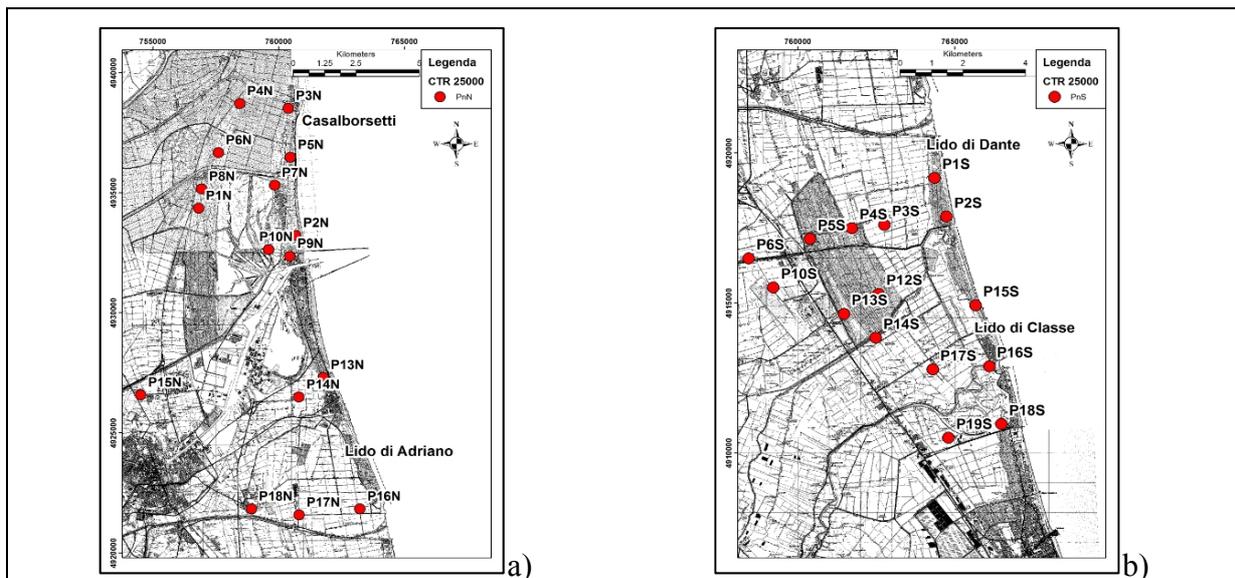


Figura 4.3 (a) Rete piezometrica PnN. (b) Rete piezometrica PnS.

4.2.3 Rete piezometrica del laboratorio I.G.R.G.

Nel corso degli anni il laboratorio I.G.R.G. ha installato molti pozzi (Figura 4.4) con l'utilizzo di una trivella manuale. La metodologia utilizzata (trivellazione manuale) ha permesso l'infissione dei piezometri a circa 6 m di profondità dal piano campagna.

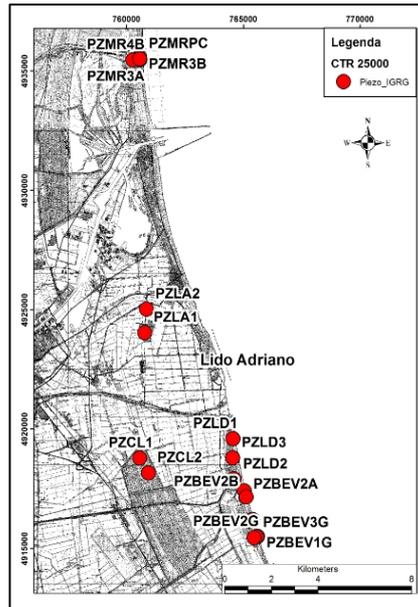


Figura 4.4 Rete piezometrica laboratorio I.G.R.G.

4.2.4 Acque superficiali

Oltre la rete piezometrica, le campagne di monitoraggio hanno compreso anche misurazioni nelle acque superficiali come: fiumi, canali, scoli, piallassa (laguna) e chiari (specchi d'acqua) (Figura 4.5).

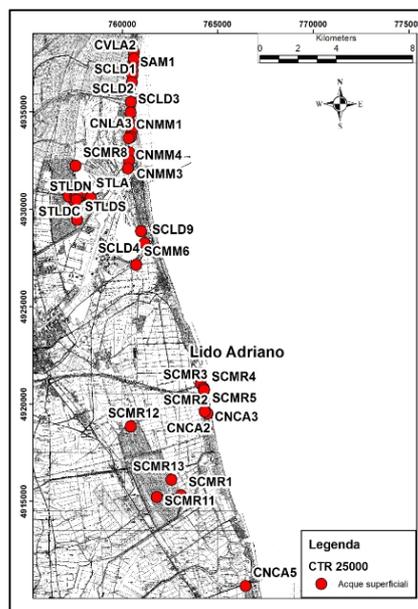


Figura 4.5 Punti di rilievo nelle acque superficiali

4.2.5 Sistemi con minifiltri

I sistemi con minifiltri (vedi Capitolo 6) installati all'interno della Pineta di Classe (Figura 4.6) sono stati inseriti come punti di monitoraggio utilizzati durante le campagne di studio.

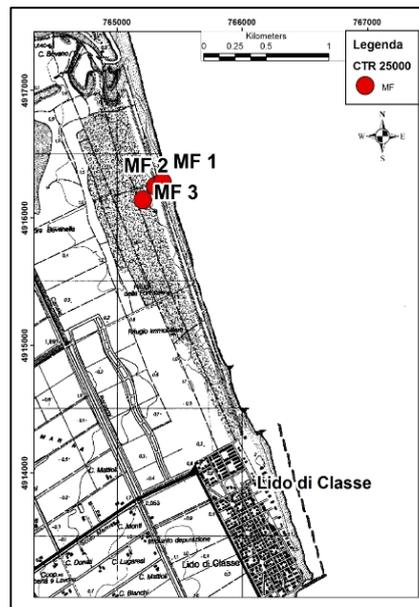


Figura 4.6 – Punti di rilievo con sistema a minifiltri

4.3 Strumentazione e metodologia

Un protocollo standard univoco per la misura della salinità delle acque in falda ancora non è stato individuato dalla comunità scientifica internazionale (Cheng et al., 2001). Per risolvere questa problematica, negli ultimi anni sono stati condotti alcuni lavori per individuare la metodologia più adatta da usare nel caso d'intrusione salina (Shalev et al., 2009; Balugani & Antonellini, 2010). Le metodologie applicabili per la raccolta dati in pozzo sono varie, come ad esempio:

1. profili di salinità e temperatura senza eseguire lo spurgo del pozzo.
2. profili di salinità eseguendo preventivamente lo spurgo di 3 volumi del pozzo (Appelo et al., 2005)
3. misura della salinità nel campione estratto ad una prefissata profondità attraverso lo *straddle packers* Solinst™
4. misure attraverso i sistemi con minifiltri

L'opzione n°1 prevede tempi di esecuzione molto rapidi, ma potrebbe presentare inconvenienti poiché si rileva un dato da acqua che si trova all'interno del piezometro che potrebbe subire modificazioni nel tempo rispetto all'acqua di falda circostante. L'opzione n°2 prevede uno spurgo del pozzo pari a 3 volte il volume del piezometro, implica tempi di esecuzione maggiori. In acquiferi molto salinizzati come il nostro uno spurgo completo del pozzo andrebbe ad eliminare la piccola quantità di acqua dolce che eventualmente troviamo nell'acquifero. L'opzione n°3 ha dei tempi di esecuzione molto lunghi, ma presenta una buona precisione e rappresentatività del campione raccolto. L'opzione n° 4 ha dei tempi di esecuzione molto rapidi un'ottima precisione e una rappresentatività delle acque di falda, però i minifiltri richiedono un grande lavoro di installazione e nella nostra area di studio sono installati in via sperimentale. Nel nostro caso abbiamo utilizzato il primo metodo descritto attraverso l'utilizzo di una sonda AquaTroll™ (Figura 4.7 (a)), che misura ogni secondo la temperatura (C°) e la conducibilità elettrica (C.E. in mS/cm). Per validare i dati ottenuti con la sonda AquaTroll, sono stati comparati 4 profili di salinità in 4 piezometri con dati ottenuti attraverso l'utilizzo del metodo *straddle packers* eseguiti da Greggio N. nel 2010. Il metodo con l'utilizzo dello *straddle packers*, consiste nell'isolare una porzione di acquifero, nel nostro caso di circa 0.40 m, all'interno del piezometro attraverso il gonfiaggio di una camera d'aria (*straddle packers*) che delimita l'area interessata dal campionamento (filtro) come mostrato in Figura 4.7 (b).

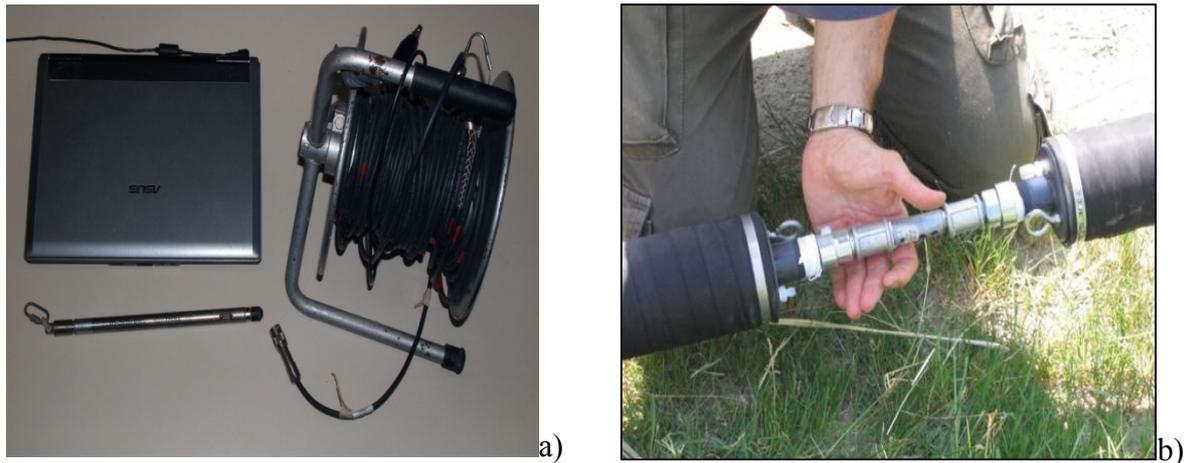


Figura 4.7 - (a) sonda AquaTroll con cavo e P.C. da campagna. (b) Immagine della parte filtrante tra i due *straddle packers*

Osservando la Figura 4.8 sottostante è possibile osservare come il profilo eseguito con la sonda AquaTroll (linea blu), pur seguendo l'andamento del profilo costruito con i dati dello *straddle packers* (linea rossa), si discosta da esso in alcuni casi anche di 7-8 g/l. Tale differenza risulta essere più accentuata nelle porzioni più superficiali dell'acquifero in presenza di acque dolci o salmastre, mentre i 2 profili tendono a coincidere a salinità più elevate.

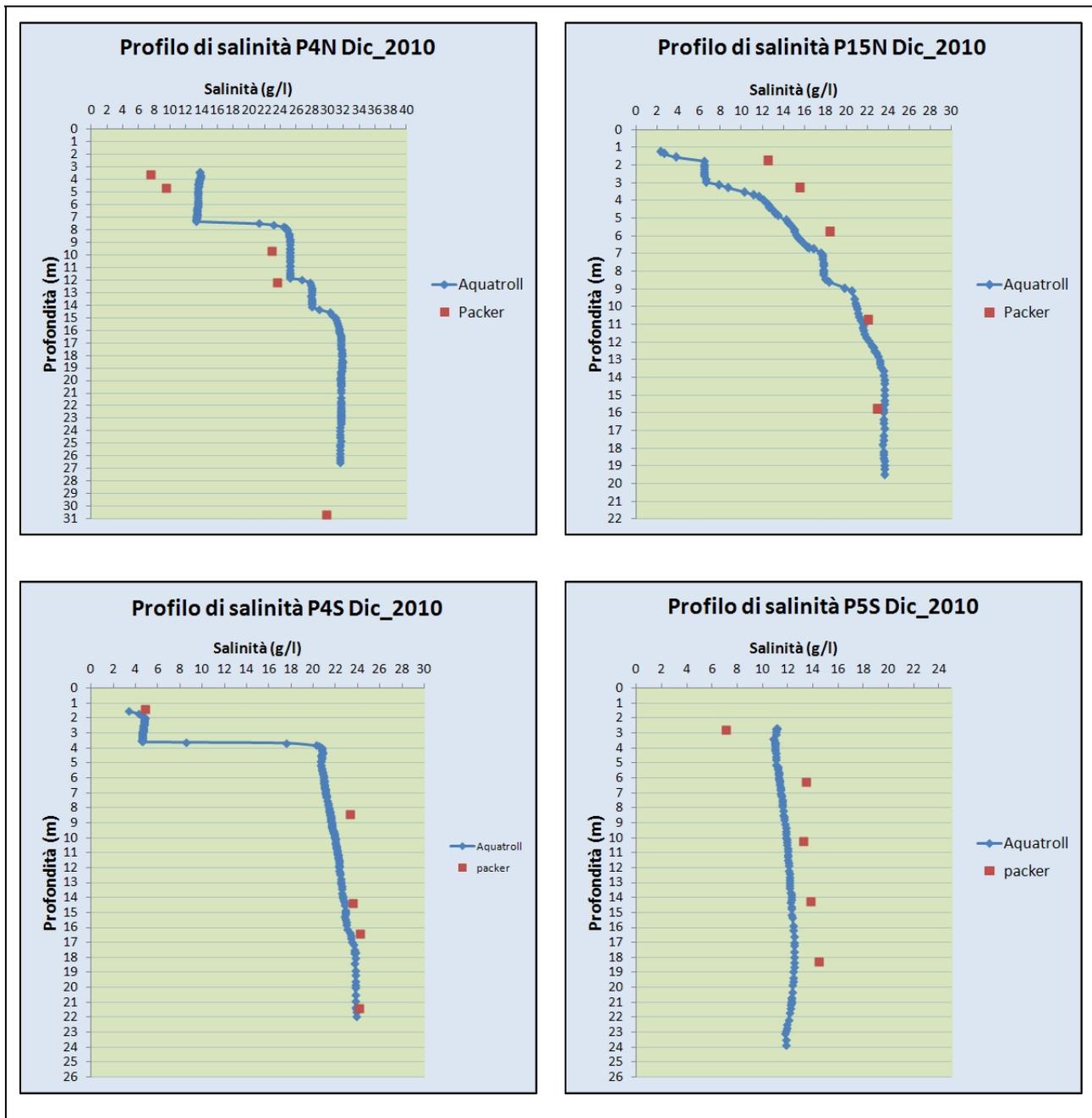


Figura 4.8 - Profili di salinità con AquaTroll (linea blu) e *straddle packers* (linea rossa)

I profili di C.E. registrati in pozzo con sonda multi-parametrica AquaTroll™, nonostante le criticità sopra esposte, sono utilizzabili al fine di produrre mappe areali dei livelli della tavola d'acqua e delle profondità delle diverse soglie di salinità in falda.

4.4 Campagne di monitoraggio

Le due campagne di monitoraggio sono state eseguite nei mesi di Giugno e Dicembre 2010. Per eseguire le due campagne sono stati utilizzati tutte le reti rilievo descritte nei paragrafi precedenti. Più precisamente, nel mese di Giugno un'insieme delle reti (paragrafo 4.2) in nostro possesso, di seguito chiamata Rete 1, composta da:

- Rete piezometrica di Pineta San Vitale
- Nuova rete piezometrica 2010, PnS
- Rete Piezometrica laboratorio I.G.R.G.
- Acque superficiali

Nel mese di Dicembre un'insieme delle reti in nostro possesso, di seguito chiamata Rete 2, composta da:

- Rete piezometrica di Pineta San Vitale
- Nuova rete piezometrica 2010, PnS e PnN
- Sistemi con minifiltri

4.5 Carte della freatimetria

Le immagini di Figura 4.9, elaborate da Laghi nel 2010, mostrano il risultato dell'interpolazione dei dati freatimetrici elaborati in ambiente Arcgis con l'algoritmo di interpolazione *natural neighbor* (vedi sottoparagrafo 3.4.1). In Figura 4.9 (a) è riportata la carta della freatimetria eseguita nel mese di giugno, i dati usati sono stati rilevati attraverso l'utilizzo della Rete 1. Dalla carta (Figura 4.9 (a)) è ben visibile come in quasi tutta l'area di studio la tavola d'acqua sia sotto il livello del mare. In Figura 4.9 (b) è riportata la carta della profondità nel mese di dicembre 2010, dove è ben visibile come la tavola d'acqua sia generalmente più profonda rispetto a giugno dello stesso anno. Dalla carta (Figura 4.9 (b)) di Dicembre 2010 è ben visibile come la quota della tavola d'acqua nel mese di dicembre 2010 è al di sotto del livello medio mare quasi in tutta l'area di studio, fanno eccezione piccole aree, dove si trova poco al di sopra del livello marino con una quota massima di 0,86 m.s.l.m.. Dal

confronto delle due carte è facile notare come la tavola d'acqua sia generalmente più elevata nel mese di giugno rispetto al mese di dicembre. Si può vedere come, in entrambe le carte (Figura 4.9) nelle aree evidenziate, troviamo la falda molto profonda in entrambi i mesi monitorati.

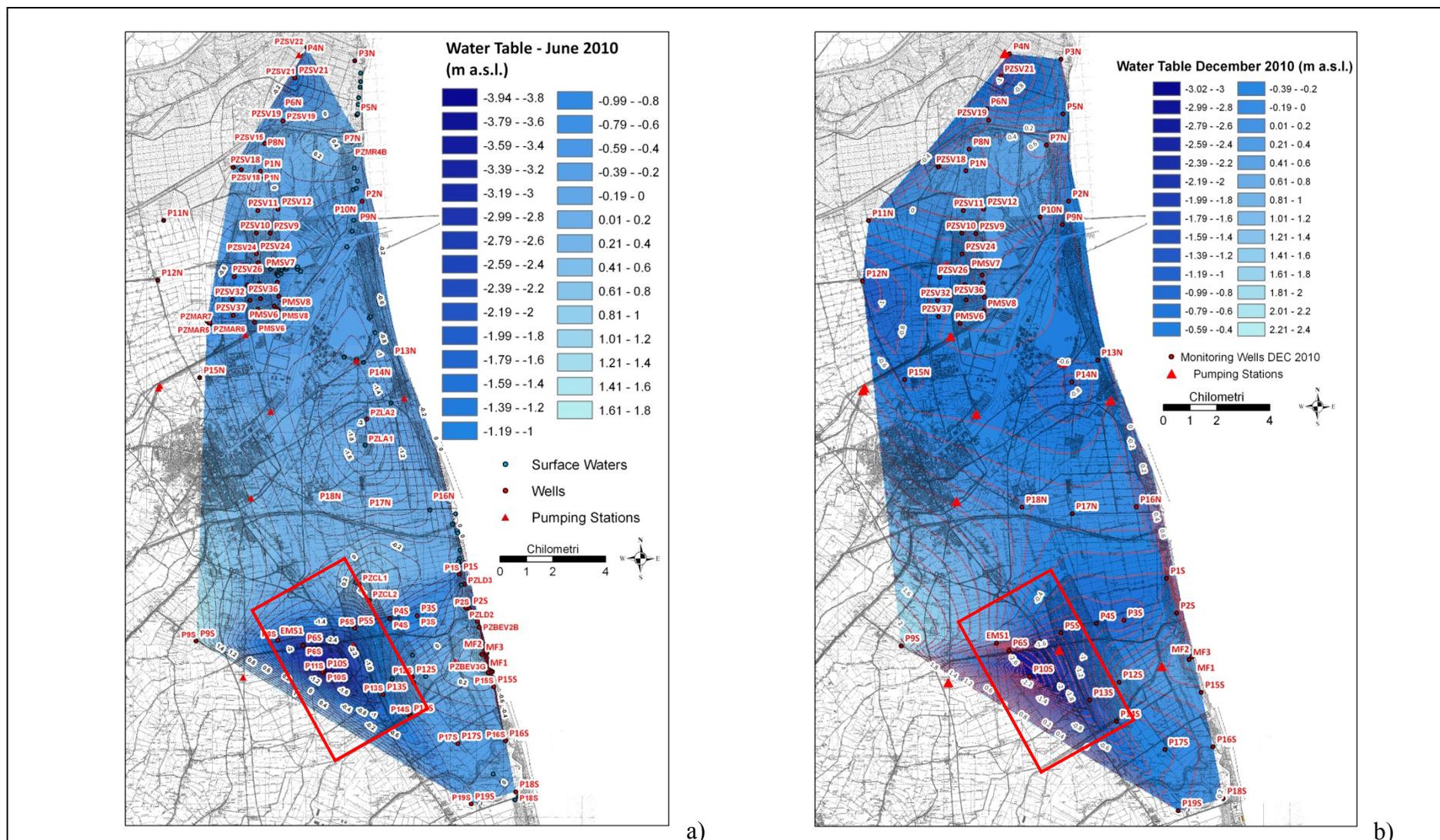


Figura 4.9 – (a) Carta della tavola d’acqua giugno 2010. b) Carta della tavola d’acqua dicembre 2010

4.6 Carte della profondità della soglia di salinità 3 g/l. Giugno 2010- Dicembre 2010

Le carte in Figura 4.10 elaborate da Laghi nel 2010, mostrano la profondità sul livello del mare della soglia di salinità nelle acque di falda di 3 g/l (acqua dolce) elaborati in ambiente Arcgis con l'algoritmo d'interpolazione *natural neighbor* (vedi sottoparagrafo 3.4.1). In Figura 4.10 (a) c'è la carta riferita al monitoraggio eseguito nel mese di giugno 2010 (Rete 1). La maggior parte dell'area presenta una profondità della soglia di salinità di 3 g/l che varia tra 0,5 e - 4,00 m.s.l.m.. Le uniche zone dove si raggiungono profondità maggiori sono in corrispondenza del piezometro P14S dove la soglia si trova a - 20 m.s.l.m., nella parte sud ovest della carta, e in corrispondenza della pineta di San Vitale dove c'è una profondità media di - 6,00 m.s.l.m., nella parte nord ovest della carta (Figura 4.10 (a)). Nella carta di Figura 4.10 (b), sono riportati i dati relativi alla campagna eseguita nel mese di dicembre 2010 (Rete 2). In Figura 4.10 (b) c'è, in generale, una profondità della soglia di circa 0 m.s.l.m. soprattutto nella parte nord della figura. Mentre, nella parte sud in Figura 4.10 (b) la soglia 3 g/l si trova ad una quota minore, con il minimo raggiunto a -15,00 m.s.l.m. in corrispondenza del piezometro P14S. Inoltre, si nota come le aree a nord-ovest e a sud-ovest descritte nella carta ricavata dalla campagna di giugno 2010 (Figura 4.10 (a)), presentano una profondità maggiore della soglia di 3 g/l rispetto alle aree circostanti. Nei punti a nord dei Fiumi Uniti, nella parte centrale della carta, è presente una profondità media della soglia di - 9,00 m.s.l.m. (Figura 4.10 (b)). C'è da tenere presente, inoltre, l'influenza positiva che i canali irrigui esercitano sulla presenza di acqua dolce al top della falda in aree agricole, rilevata in altri lavori (Marconi, 2011) e da altri studi in corso d'opera.

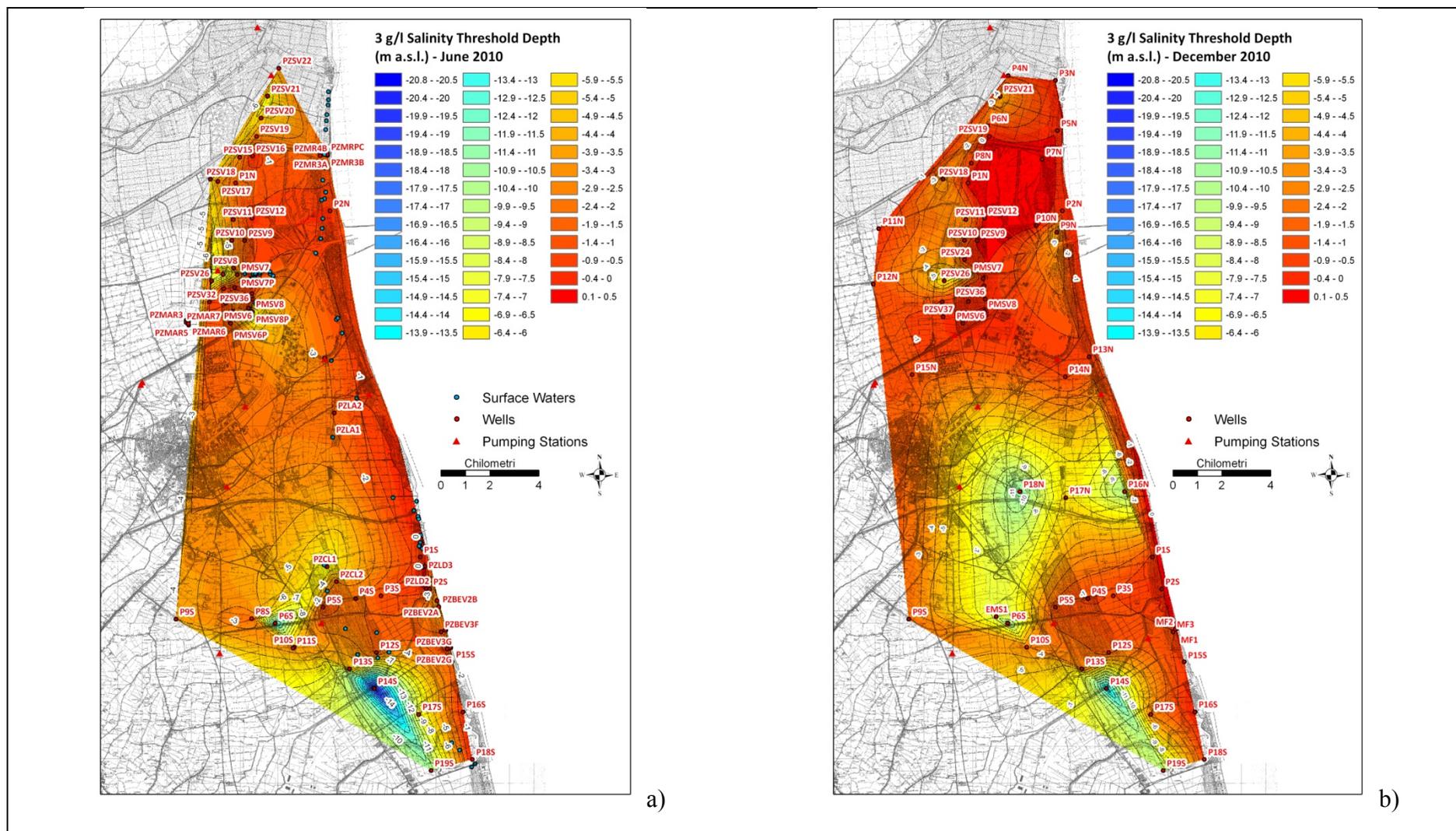


Figura 4.10 - (a) Profondità m.s.l.m. della soglia 3 g/l Giugno 2010. (b) Profondità m.s.l.m. della soglia 3 g/l Dicembre 2010

4.7 Carte della profondità della soglia di salinità 15 g/l. Giugno 2010-Dicembre 2010

Le carte in Figura 4.11 elaborate da Laghi nel 2010, mostrano la profondità sul livello del mare della soglia di salinità nelle acque di falda di 15 g/l (acqua salmastra) elaborati in ambiente Arcgis con l'algoritmo di interpolazione *natural neighbor* (vedi sottoparagrafo 3.4.1). In Figura 4.11 (a) c'è la carta riferita al monitoraggio eseguito nel mese di giugno 2010 in cui sono usati i dati rilevati attraverso l'uso della Rete 1, mentre per elaborare la carta relativa al mese di dicembre 2010 (Figura 4.11 (b)) è stata utilizzata la Rete 2. Nella carta di Figura 4.11 (a) è possibile vedere come la soglia di salinità dei 15 g/l sia meno profonda in prossimità della costa e più profonda spostandosi verso ovest, soprattutto nella parte sud della carta in corrispondenza della Pineta di Classe dove troviamo profondità che arrivano a - 20,00 m.s.l.m.. In generale la quota della soglia di salinità 15 g/l si trova ad una profondità che varia tra i - 3,00 e i - 7,00 m.s.l.m.. Nella carta di Figura 4.11 (b) del mese di dicembre si vede sostanzialmente lo stesso andamento della Figura 4.11 (a) con una profondità minore vicino alla costa e maggiore verso l'interno, ad eccezione della parte centrale della carta dove c'è una profondità maggiore rispetto a giugno con una profondità media di - 10,00 m.s.l.m..

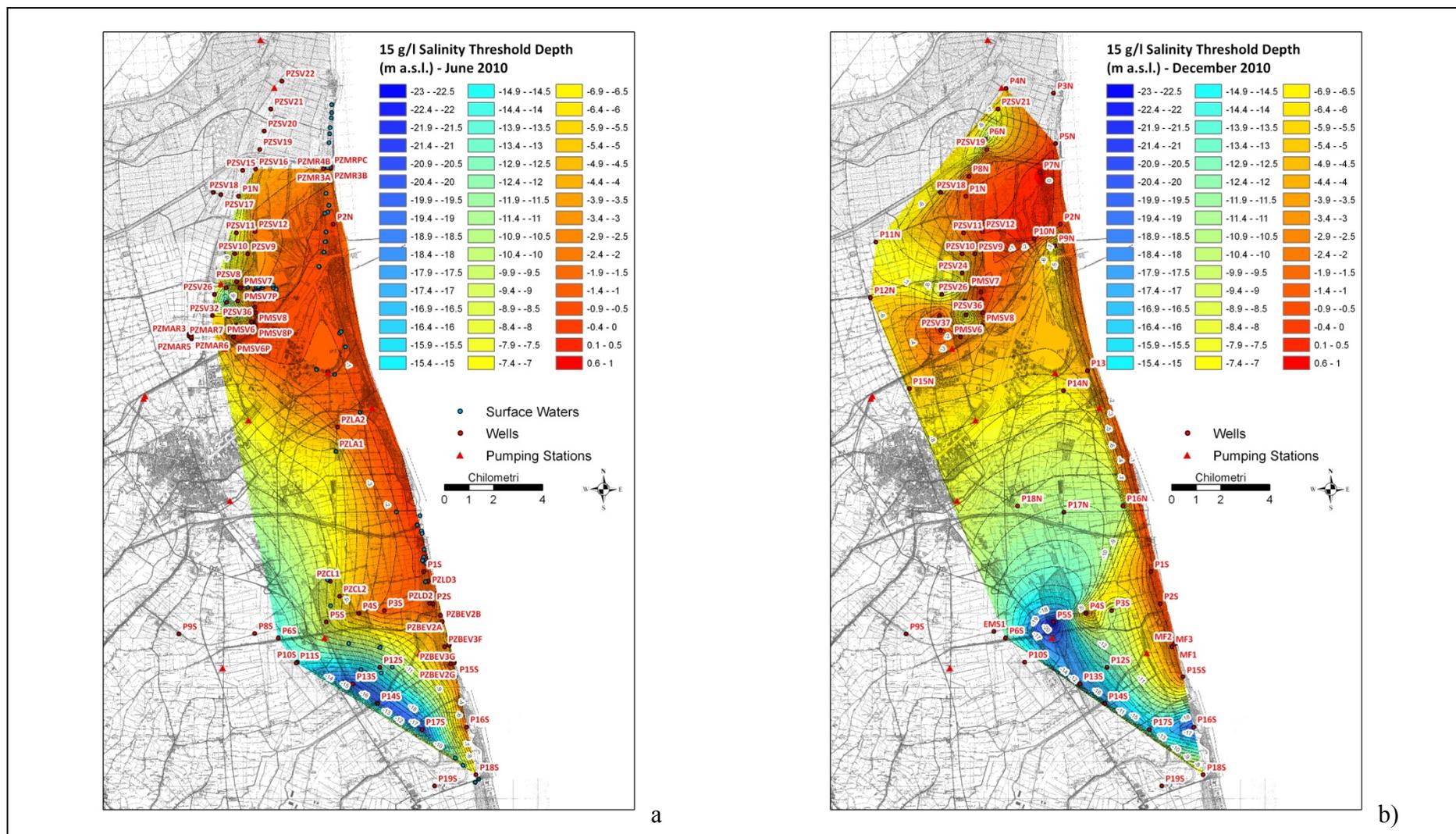


Figura 4.11 - (a) Profondità m.s.l.m. della soglia 15 g/l Giugno 2010. (b) Profondità m.s.l.m. della soglia 15 g/l Dicembre 2010

4.8 Confronto tra misure indirette (geoelettrica) e misure dirette (dati da pozzo)

Usando i dati di pozzo del dicembre 2010 abbiamo costruito la carta degli spessori dell'acqua dolce (0 g/l a 3 g/l) e dell'acqua salmastra (da 3 g/l a 15 g/l), per entrambe le zone (zona sud e zona nord), al fine di confrontarle con le carte elaborate dai dati geofisici ricavati nelle campagne V.E.S. illustrate nel Capitolo 3.

4.8.1 Zona nord

Nella Figura 4.12 (a) è riportato lo spessore dell'acqua con una concentrazione salina compresa tra 0 g/l e 3 g/l (acqua dolce) con dati ottenuti da piezometro. La carta presenta una piccola lente d'acqua dolce nella parte ovest e la scomparsa della stessa nella parte centrale in corrispondenza di depositi superficiali argillosi, analogamente alla carta elaborata dai dati V.E.S. di Figura 4.12 (b). Dal confronto delle due carte è possibile notare la mancanza di acqua dolce in prossimità della linea di costa in Figura 4.12 (a) a differenza della carta in Figura 4.12 (b). Questo fenomeno è spiegabile col fatto che la carta costruita con i dati geoelettrici ha punti di rilevamento nel retro duna dove è presente una piccola lente d'acqua dolce, mentre la carta con i dati di pozzo ha i piezometri distanti qualche centinaio di metri dalla costa. In Figura 4.13 (a) è riportata la carta dello spessore dell'acqua con una concentrazione salina compresa tra 3 g/l e 15 g/l (zona di mescolamento) con dati ottenuti da piezometro, confrontata con la carta ottenuta con i dati rilevati con la geoelettrica (Figura 4.13 (b)). Dal confronto tra le due carte si vede bene come lo spessore dell'acqua salmastra abbia la stessa distribuzione descritta precedentemente, cioè, maggiore nella fascia delle sabbie (retroduna e paleodune) e minore nella fascia delle argille (Figura 4.13).

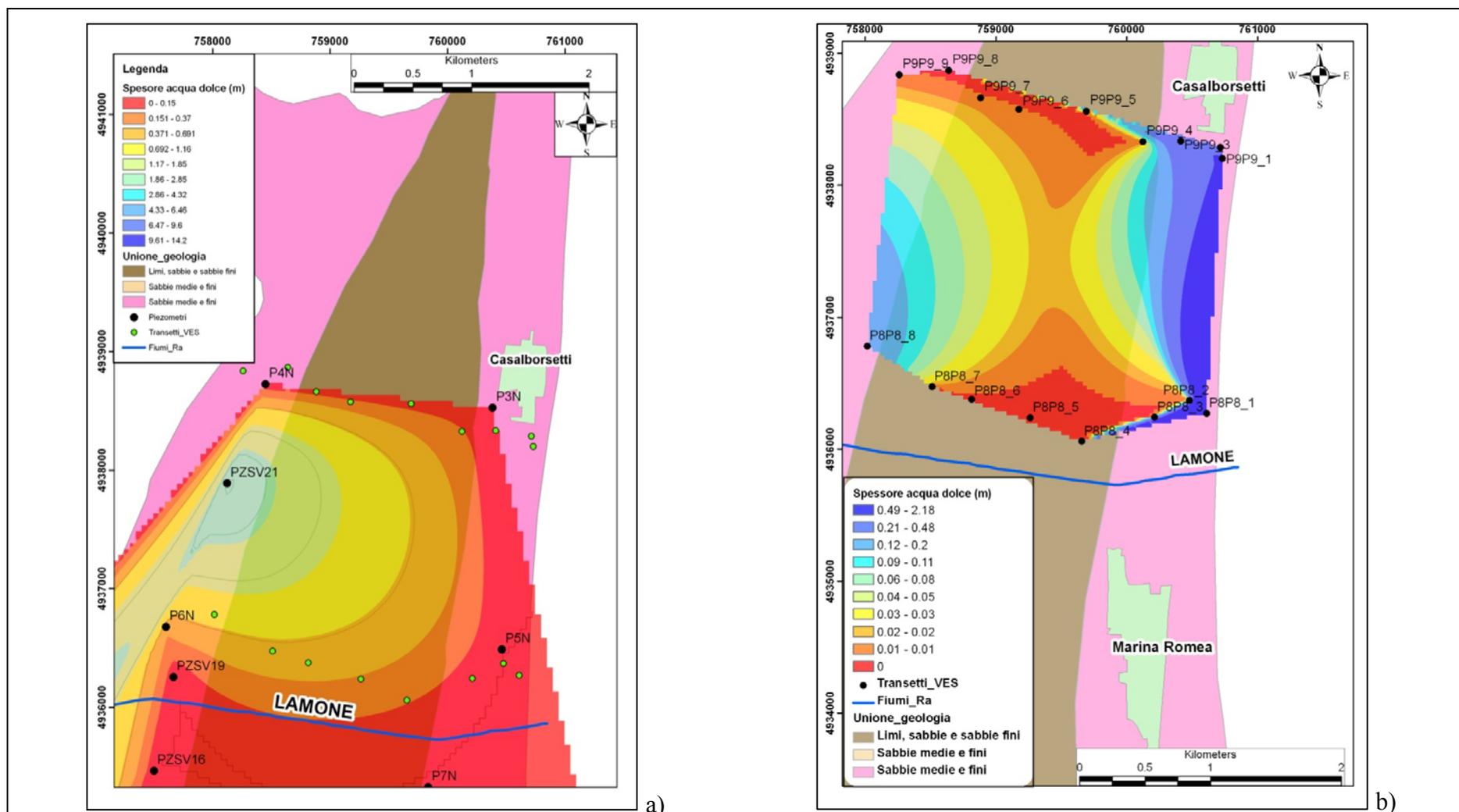


Figura 4.12 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Carta Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati V.E.S.

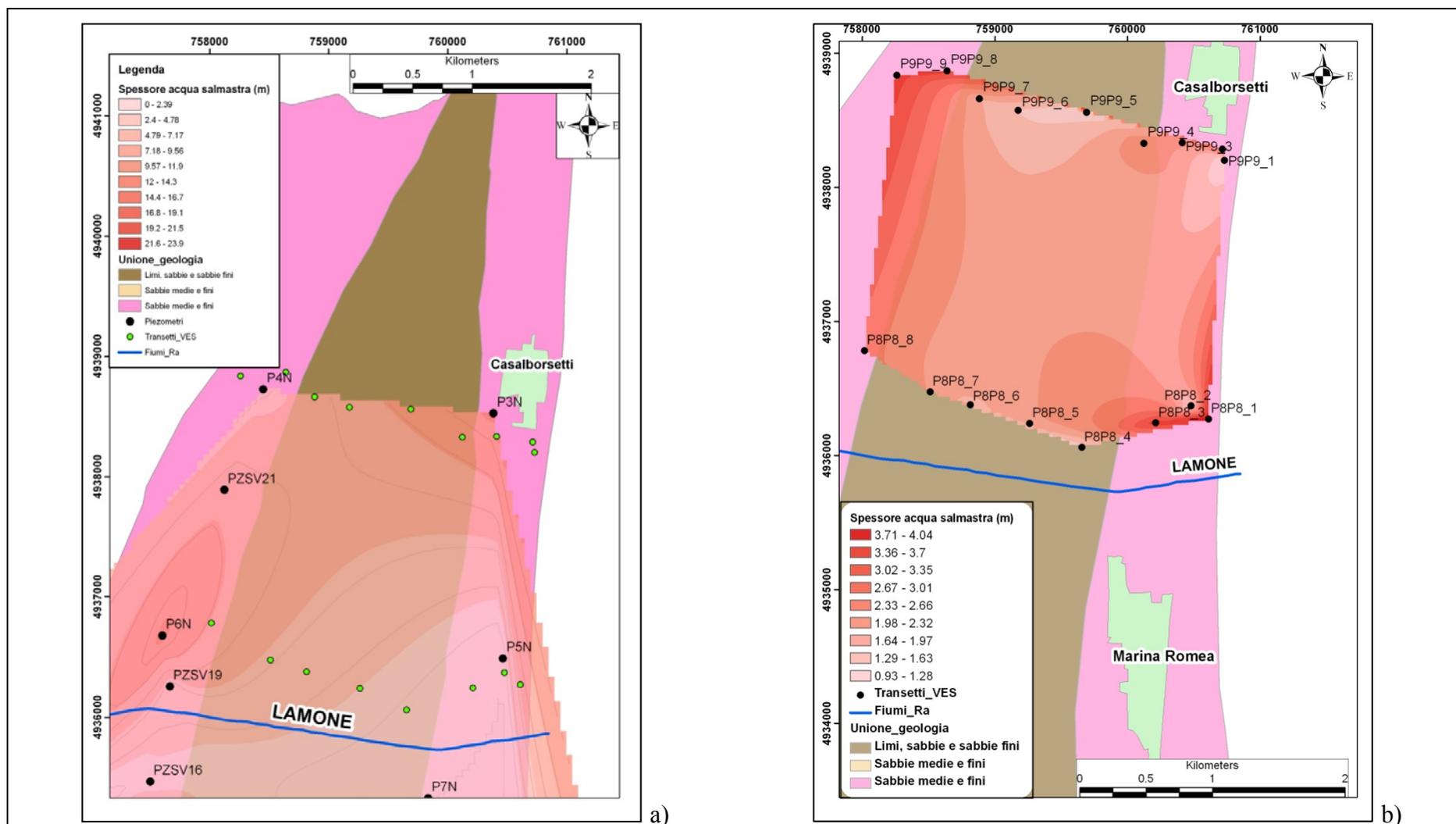


Figura 4.13 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con mappa della geologia (RER 1999), zona nord da dati V.E.S

4.8.2 Zona Sud

Dalle carte in Figura 4.14 è possibile vedere la distribuzione dello spessore dell'acqua dolce nei dati rilevati da piezometro (Figura 4.14 (a)) e dai dati ottenuti con rilievi geolettici (Figura 4.14 (b)). Dal confronto delle due carte è possibile riscontrare una notevole somiglianza. Ci sono, infatti, due lenti d'acqua dolce a nord dei Fiumi Uniti in entrambe le carte, inoltre, la presenza di una zona con assenza di acqua dolce nella parte centrale della carta, in corrispondenza del transetto V.E.S. P1P1. Infine, si nota una lente consistente in corrispondenza del piezometro P14S (Figura 4.14). In Figura 4.15 sono riportati gli spessori dello strato di acqua salmastra, dal confronto delle due carte (Figura 4.15 (a) e Figura 4.15 (b)) è ben visibile come la distribuzione sia molto simile, presentando uno spessore minore vicino alla costa, il quale aumenta gradualmente spostandosi verso ovest. È possibile notare, in entrambe le carte, delle piccole anomalie locali, nelle parti centrali delle figure in corrispondenza dei campi compresi tra la Pineta Ramazzotti e la Pineta di Classe, già descritte nel sottoparagrafo 3.4.3.2.

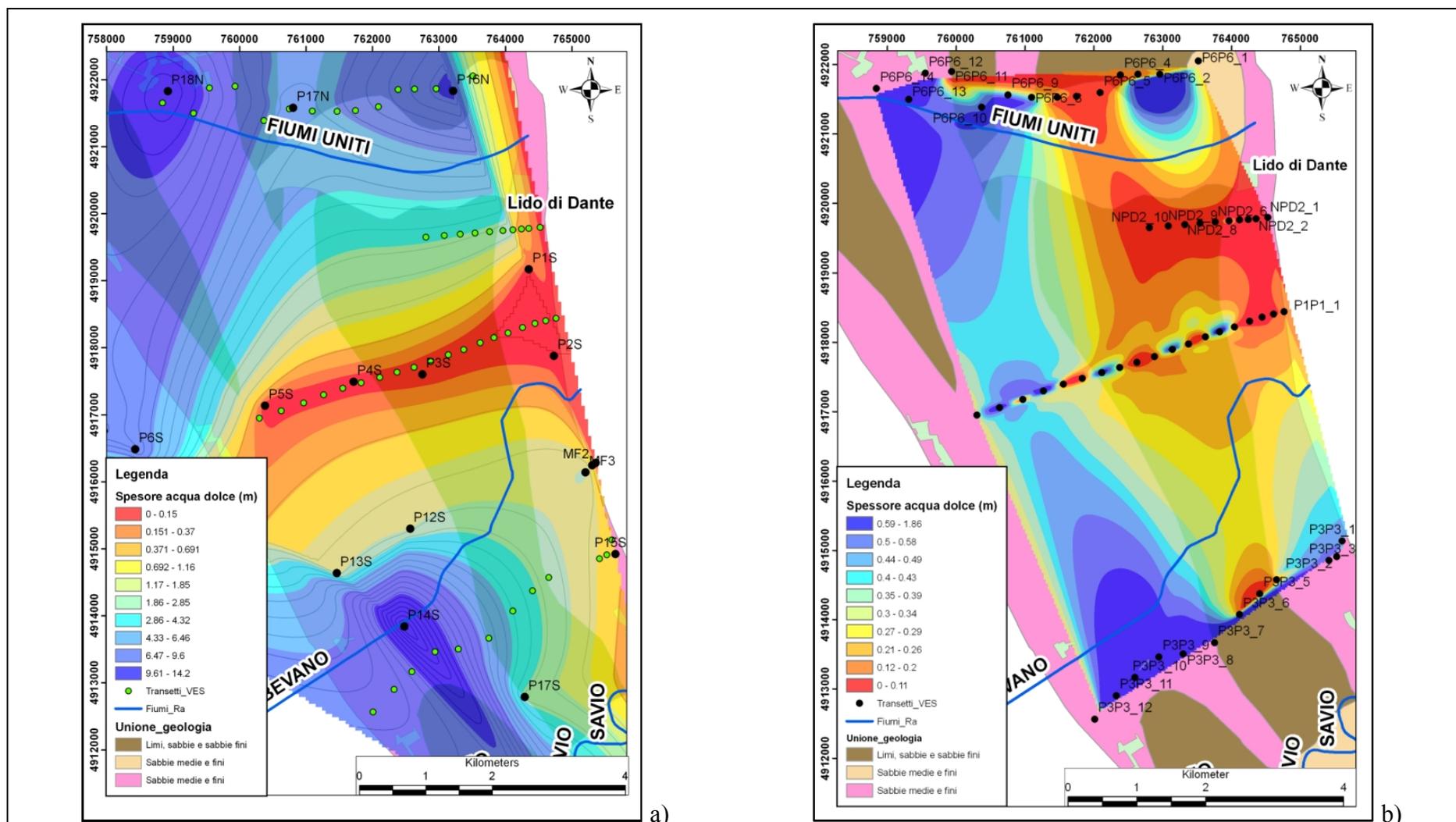


Figura 4.14 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con carta dei depositi superficiali, zona sud da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 0 g/l e 3 g/l con carta dei depositi superficiali, zona sud da dati V.E.S

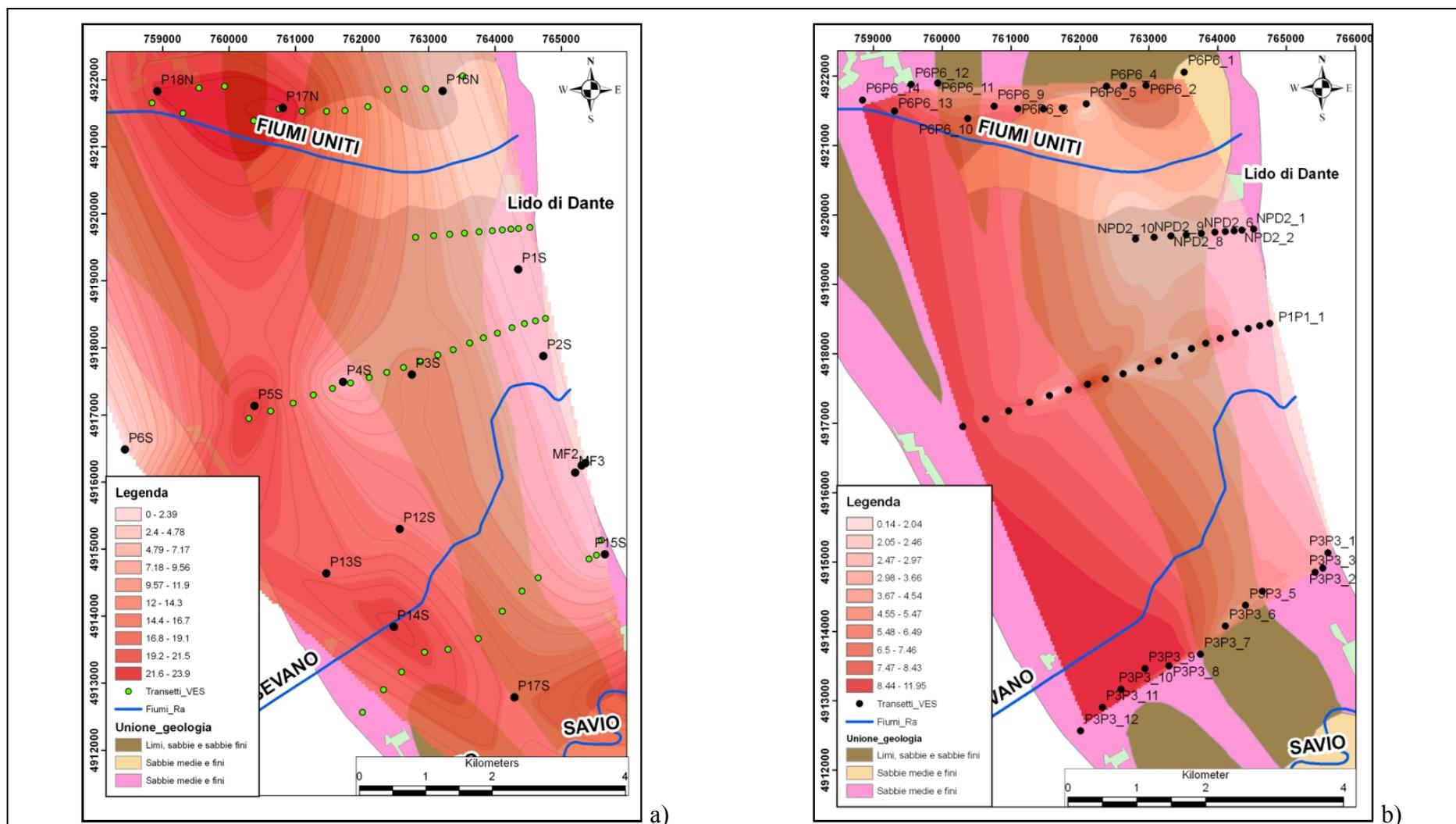


Figura 4.15 - (a) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con carta dei depositi superficiali, zona nord da dati di pozzo Dicembre 2010. (b) Spessore dell'acquifero compreso fra le isoaline 3 g/l e 15 g/l con carta dei depositi superficiali, zona nord da dati V.E.S.

4.9 Risultati e discussione

Dalle due campagne di misure dirette dei parametri fisici eseguite nei mesi di giugno e dicembre si sono elaborate diverse carte che mostrano come variano i livelli di falda e la salinità delle acque a livello stagionale. Dalla Figura 4.9, dove sono accoppiate le carte della freaticimetria rilevata nelle due campagne di monitoraggio, risulta una quota freaticimetrica generalmente vicina a 0 m.s.l.m., nel mese di giugno la quota è quasi ovunque di poco al di sotto del livello del mare. La carta che illustra i risultati ottenuti nel mese di dicembre 2010 (Figura 4.9 (b)), mostra come il livello della falda è più bassa rispetto al mese di giugno su tutta l'area. Le due carte hanno in comune un punto, in corrispondenza dell'idrovora di Fosso Ghiaia, che presenta una depressione notevole della tavola d'acqua che arriva a quota - 3,00 m.s.l.m.. Le carte delle soglie di salinità di 3 g/l (Figura 4.10) mostrano entrambe una profondità della soglia che varia tra 0 e - 4,00 m.s.l.m. su quasi tutta l'area di studio. Si nota, in particolare, una profondità leggermente maggiore nel mese di dicembre 2010 (Figura 4.10 (a)) rispetto a giugno 2010 (Figura 4.10 (b)). Sono visibili, inoltre, dei punti a profondità che varia tra - 4,00 e - 7,00 m.s.l.m. nelle zone a nord ovest delle carte, soprattutto zona sud dell'area di studio (Figura 2.2) sono presenti delle lenti di acqua dolce di grande spessore con valori che variano tra - 20,00 m.s.l.m., nel mese di giugno (Figura 4.10 (a)), e - 15,00 m.s.l.m. nel mese di dicembre (Figura 4.10 (b)), in corrispondenza del piezometro P14S posizionato a pochi metri dal canale di drenaggio Bevanella. A nord dei Fiumi Uniti si riscontra una profondità media della soglia 3 g/l di circa - 9,00 m.s.l.m. (Figura 4.10 (b)). Dalle carte della profondità della soglia di salinità delle acque di 15 g/l (Figura 4.11) risulta, in entrambe le carte, una quota maggiore in prossimità della costa ed una quota minore spostandosi verso l'interno (ovest). Nella parte centrale di Figura 4.11 (b) relativa al mese di dicembre 2010 è riscontrabile una profondità maggiore della soglia di 15 g/l rispetto al giugno 2010 (Figura 4.11 (a)) con una quota media di circa - 9,00 m.s.l.m.. Dal confronto tra le carte ottenute con i dati da piezometro e le carte ottenute da dati di geoelettrica (Figura 4.12, Figura 4.13, Figura 4.14, Figura 4.15) risulta, una generale corrispondenza per quanto riguarda la distribuzione delle lenti d'acqua dolce e la distribuzione dello spessore dell'acqua salmastra. Le carte della distribuzione degli spessori dell'acqua salmastra (Figura 4.13 e Figura 4.15) mostrano una somiglianza notevole, presentando uno spessore minore vicino la costa ed uno maggiore verso ovest.

4.10 Conclusioni

Dall'analisi dei risultati ottenuti possiamo affermare che la quota della tavola d'acqua è indipendente dalla quantità di pioggia (Figura 4.9), anche se questo dato è in disaccordo con il ciclo normale delle precipitazioni nell'arco dell'anno, il quale farebbe supporre una profondità minore nei mesi invernali e una profondità maggiore nei mesi estivi. Questo fenomeno può essere imputato ad una maggiore attività del drenaggio meccanico nei mesi invernali per contrastare l'azione delle piogge, anzi maggiori piogge significano maggior drenaggio con conseguente pompaggio a mare delle acque meteoriche. L'influenza del pompaggio meccanico è maggiormente evidente nelle aree evidenziate in Figura 4.9, dove il fenomeno descritto è dovuto molto probabilmente alla presenza di un'importante canale di scolo (Fosso Ghiaia) e di un'idrovora molto attiva (idrovora di Fosso Ghiaia) in entrambi i periodi (Tabella 4.1).

Mese	Acqua sollevate dall'idrovora (m ³)
Giugno	1,34 × 10 ⁶
Dicembre	1,5 x 10 ⁶

Tabella 4.1 – Dati di pompaggio delle acque di falda dall'idrovora Fosso Ghiaia nei mesi di Giugno e dicembre 2010. Da Consorzio di bonifica della Romagna

La profondità della soglia di salinità di 3 g/l varia tra 0 e - 4,00 m.s.l.m. presentando una profondità leggermente maggiore nel mese di dicembre 2010 (Figura 4.10 (b)), rispetto al mese di giugno 2010 (Figura 4.10 (a)). Questo fenomeno è spiegabile dall'influenza che esercitano le piogge invernali sulla ricarica della falda, nonostante il pompaggio operato dal consorzio di bonifica osservabile nelle carte della freatimetria (paragrafo 4.5) soprattutto nelle aree evidenziate in Figura 4.9. La profondità che raggiunge la soglia dei 3 g/l in corrispondenza del piezometro P14 S, è spiegabile dal fatto che l'area di acquifero interessata è senza interruzioni stratigrafiche verso il basso dovute alla presenza dei depositi limosi (vedi sottoparagrafo 2.6.3), quindi la stratigrafia rilevata in quel punto (vedi paragrafo 2.2) è composta da circa 20 metri di sabbia con uno strato di circa 2,00 m di sabbia grossa e ghiaie. Quindi, poiché il piezometro è posizionato a pochi metri dal canale di bonifica Bevanella che

drena tutte le acque meteoriche (acqua dolce) dei campi agricoli che attraversa, è molto probabile che il canale vada ad alimentare la falda che riceve facilmente l'apporto idrico vista la natura dei depositi che la compongono in quell'area. Da ricordare anche che la formazione di lenti di acqua dolce può essere causata da infiltrazione proveniente da canali agricoli con scopi irrigui (Marconi, 2011). Dalle carte di profondità della soglia di salinità di 15 g/l (Figura 4.11) risulta, una profondità che varia tra i - 3,00 ai - 7,00 m.s.l.m. nel mese di giugno (Figura 4.11 (a)) che si mantiene sostanzialmente nella carta di dicembre 2010 (Figura 4.11 (b)) con una differenza nella parte centrale delle carte in corrispondenza dei piezometri della serie nord (P16N, P17N e P18N. vedi Figura 4.3 (a)) sopra Fiumi Uniti, dove nel mese di dicembre 2010 si raggiunge una profondità media di - 10,00 m.s.l.m.. Questo fenomeno è imputabile alle diverse reti utilizzate nelle due campagne di monitoraggio. Infatti, nel mese di dicembre è stato possibile utilizzare la serie nord (PnN, vedi Figura 4.3 (a)) dei nuovi piezometri messi in posto (vedi sottoparagrafo 2.1.1), a differenza della campagna eseguita nel mese di giugno in cui ancora non erano a disposizione. Quindi, il dato a nord di Fiumi Uniti, in tutte le carte elaborate (freatimetria, soglia 3 g/l e soglia 15 g/l), può essere influenzato dai piezometri P16N, P17N e P18N che forniscono un dato supplementare nella campagna di dicembre rispetto a giugno. Infine, dal confronto delle carte ottenute (Figura 4.12, Figura 4.13, Figura 4.14 e Figura 4.15) con dati provenienti da misure dirette (da pozzo) e dati provenienti da misure indirette (da geoelettrica) si può affermare che la distribuzione degli spessori dei vari tipi di acque presenti in falda (acqua dolce e acqua salmastra) presenta una buona corrispondenza nelle due metodologie.

5 Modellistica numerica

5.1 Introduzione

Dal risultato dalle analisi indirette e dirette illustrate nei precedenti capitoli, ne scaturisce un quadro che ci mostra un acquifero con una qualità dell'acqua molto deteriorata (per quanto riguarda la salinità), con la presenza di acqua dolce molto influenzata da fattori intrinseci dell'acquifero come la geologia, e da fattori esterni come le precipitazioni e le opere antropiche. Tenuto conto della complessità e del numero dei fattori che governano il sistema, si è pensato di ricorrere alla modellistica numerica per meglio comprendere le relazioni fra tutti questi fattori. L'uso della modellistica ci permette di implementare le nuove conoscenze ottenute dalla ricostruzione litologica dell'acquifero, e di tenere conto di un numero elevato di variabili che vanno a influire sulle dinamiche di flusso e ricarica dell'area di studio. In particolare, questa parte dello studio ha tenuto conto di vari scenari al fine di poter individuare come variano il flusso e la ricarica dell'acquifero cambiando le condizioni al contorno, e soprattutto di ipotizzare il meccanismo che governa la salinizzazione delle acque di falda. L'uso della modellistica numerica per studiare l'intrusione salina degli acquiferi è molto usata e ben documentata nella letteratura (Andersen et al., 1988; Zhou et al., 2000; Gualbert et al., 2001; Langevin, 2003; Qahman et al., 2006; Giambastiani et al., 2007; Kallioras et al., 2009)

Questa parte dello studio all'interno del mio percorso di dottorato di ricerca è stata portata a termine grazie ad un periodo di permanenza di 5 mesi (febbraio – giugno 2011) presso la Simon Fraser University (S.F.U.), Burnaby-Vancouver, British Columbia, Canada. Il mio lavoro si è svolto al dipartimento di Scienze della Terra supervisionato dalla Prof.ssa Diana Allen.

5.2 Modflow

Modflow 2000 è stato sviluppato da Harbaugh et al. (2000) al United States Geology Survey (U.S.G.S.). Il software di modellizzazione numerica in 3D risolve le equazioni di flusso utilizzando il metodo delle differenze finite. L'approccio numerico consiste nel discretizzare un modello in un numero di celle finite (Figura 5.1), ovvero creare una griglia che rappresenti al meglio le condizioni spaziali dell'acquifero da sottoporre a simulazione (Cerbini & Gorla, 2004). Con una griglia a blocchi centrati, al bordo della cella vi sono le condizioni al contorno e al centro, nodo, vi è il carico piezometrico (Figura 5.1).

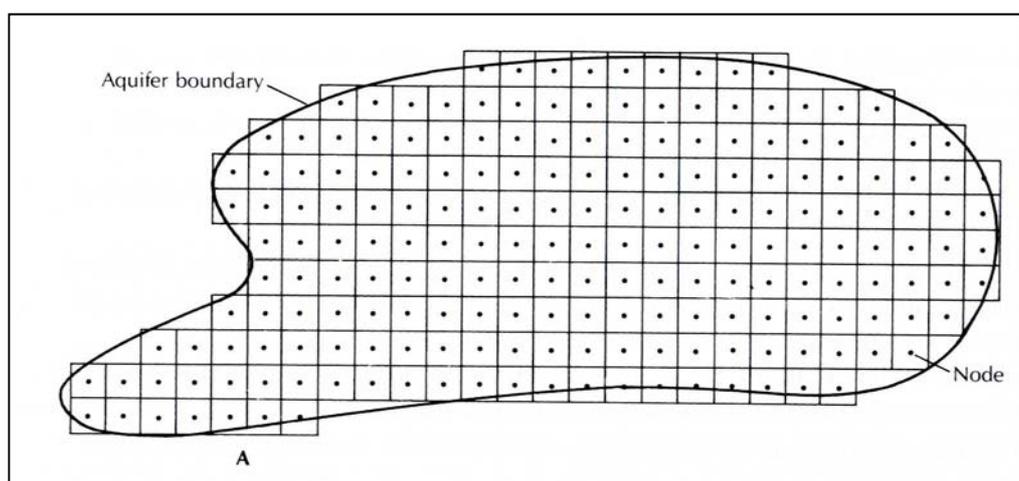


Figura 5.1 - Schema della griglia di un acquifero con il metodo delle differenze finite (Fetter, 2001)

Il metodo delle differenze finite (FDM) consiste nel sostituire, alle derivate contenute nelle equazioni, delle funzioni discrete nelle stesse variabili. Il principio generale è che il carico piezometrico è calcolato per iterazioni successive in ogni nodo della griglia (Giambastiani, 2007). Con l'utilizzo di MODFLOW è possibile calcolare il carico piezometrico ma non modellare i flussi che dipendono dalle differenze in densità, come nel caso di intrusione salina in un acquifero costiero. Per ovviare a tale problema si è utilizzato il pacchetto software SEAWAT-2000 in MODFLOW. SEAWAT-2000 permette di modellizzare delle acque sotterranee accoppiando flusso e trasporto di massa con concentrazioni che partono a diversa densità (Guo and Bennett, 1998; Langevin & Guo, 2002), utilizzando per il flusso ed il

trasporto due codici ampiamente accettati, e cioè, MODFLOW (Harbaugh et al., 2000; McDonald and Harbaugh, 1988) e MT3DS (Zhang and Wang, 1998).

L'equazione che governa il flusso (Langevin, 2003) può essere scritta come:

$$\nabla \cdot \rho K_f \left(\nabla h_f + \frac{(\rho - \rho_f)}{\rho_f} \nabla z \right) = \rho S_f \frac{\partial h_f}{\partial t} + n \frac{\partial \rho}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \rho^I q^I$$

Dove:

x , y e z = sono le coordinate direzionali dove z è allineata con la gravità [L].

ρ = densità del fluido [ML^{-3}]

K_f = conduttività idraulica equivalente dell'acqua dolce [L/T]

h_f = livello piezometrico equivalente dell'acqua dolce [L]

ρ_f = densità dell'acqua dolce [ML^{-3}]

S_f = coefficiente di immagazzinamento specifico (*specific storage*) equivalente dell'acqua dolce [1/L]

t = tempo (T)

n = porosità (-)

C = concentrazione del componente disciolto che influisce la densità del fluido

ρ^I = densità della sorgente e del ricevente (ML^{-3})

q^I = tasso in volume del flusso della sorgente e del ricevente per unità di volume dell'acquifero (T^{-1})

L'equazione che governa il trasporto (Langevin, 2003) può essere scritta come:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \nabla (D\nabla C) - \nabla (vC) - \frac{q_s}{n} C_s$$

Dove:

D = coefficiente di dispersione [L^2T^{-1}]

v = velocità del flusso delle acque sotterranee [LT^{-1}]

q_s = flusso della sorgente o del ricevente [T^{-1}]

C_s = la concentrazione della sorgente o del ricevente (ML^{-3})

5.3 Costruzione del modello

Per poter simulare i vari scenari ipotizzati, il software ha bisogno di diversi parametri che caratterizzano l'acquifero, e in particolare:

- Geometria del modello
- Proprietà dell'acquifero
- Condizioni al contorno
- Condizioni iniziali
- Tempi di simulazione

5.3.1 Geometria del modello

La zona modellata è la porzione di territorio compresa tra Fiumi Uniti e il Fiume Savio (Figura 5.2). Il volume di acquifero rappresentato, è un quadrato con lato di 14000 m ed una profondità di 30 m.

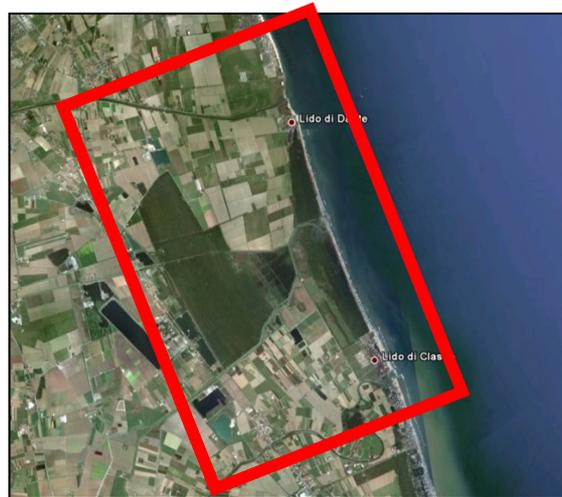


Figura 5.2 – Area modellata con SEAWAT-2000

La griglia che costituisce il modello ha le celle con un perimetro di 200×200 m per cella, mentre verticalmente è stato suddiviso in 16 strati con uno spessore di 2 m per strato, ad eccezione dei primi due strati, partendo dalla superficie, che hanno uno spessore rispettivamente di 0,5 m e 1,00 m. Ogni strato dell'acquifero è composto da 4900 celle, per un totale di 78400 celle in tutto il modello.

5.3.2 Proprietà dell'acquifero

Le proprietà intrinseche dell'acquifero che sono state inserite come parametri distintivi della nostra area di studio sono:

- *Conductivity*
- *Storage*
- *Dispersion*

Per quanto riguarda i dati geologici, cioè il tipo di deposito che incontriamo nelle varie celle, sono stati inseriti i dati in nostro possesso dalla carta geologica 1:50000 per lo strato superficiale, per gli altri (Figura 5.3) ci siamo basati su carte ottenute dalla ricostruzione litologica (vedi Capitolo 2) elaborata con il software RockWorks 15 (Figura 5.4).

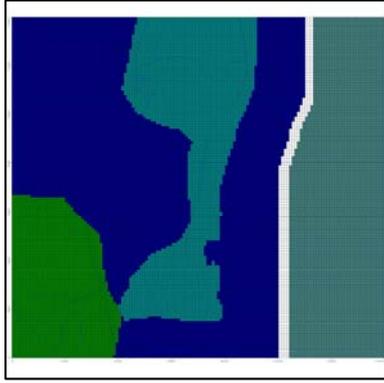


Figura 5.3 – Immagine geologia da modflow

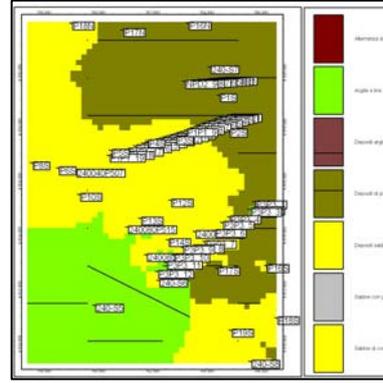


Figura 5.4 – Immagine geologia da Rock Works

15

Sono state inserite 3 tipologie litologiche presenti nel nostro acquifero, e cioè: sabbie, limi ed argille. I valori di conduttività idraulica (*hydraulic conductivity*) e di immagazzinamento (*storage*), per i vari tipi litologici, sono stati presi dalla letteratura (Fetter 2001) e sono:

Zona	K_x [cm/s]	K_y [cm/s]	K_z [cm/s]
1. Sabbia	0,001	0,001	0,001
2. Argille	$1 e^{-8}$	$1 e^{-8}$	$1 e^{-8}$
3. Limi	$1 e^{-5}$	$1 e^{-5}$	$1 e^{-5}$

Tabella 5.1 – Dati di conduttività idraulica dei vari depositi da Fetter 2001

Zona	S_s [1/m]	S_y	Por. Eff.	Por. Tot.
1. Sabbia	0,001	0,3	0,3	0,3
2. Argille	$1 e^{-5}$	0,01	0,01	0,01
3. Limi	0,0001	0,07	0,07	0,07

Tabella 5.2 – Dati di immagazzinamento dei vari depositi da Fetter 2001

Il valore di dispersione verticale (*dispersion*) è uguale a 2 m.

5.3.3 Condizioni al contorno

Tutto il modello presenta ai suoi confini una condizione di non flusso. Le condizioni al contorno che sono state inserite per quanto riguarda i fattori che condizionano la dinamica di flusso dell'acquifero sono:

- *Constant head*
- *Drain*
- *Recharge*
- *Constant concentration*

Le celle in cui è stato inserito un valore di carico idraulico costante (*constant head*), sono le celle che rappresentano l'acqua marina e hanno un carico idraulico uguale a 0 m con una densità costante di 1034 kg/m^3 dall'inizio alla fine delle simulazioni. Il parametro del drenaggio (*drain*) rappresenta l'influenza dei canali di drenaggio che intercettano le acque più superficiali in modo da abbassare il livello piezometrico in falda (Figura 5.5). I canali di drenaggio hanno i parametri riportati in Tabella 5.3.

Head Elevation [m]	Bottom Elevation	Conductance [m²/day]
- 0,5	- 2,5	1000

Tabella 5.3 – Parametri del drenaggio in MODFLOW

Il valore di conduttanza (*conductance*) è stato inserito in modo da avere la piezometrica depressa nell'area prossima al canale.

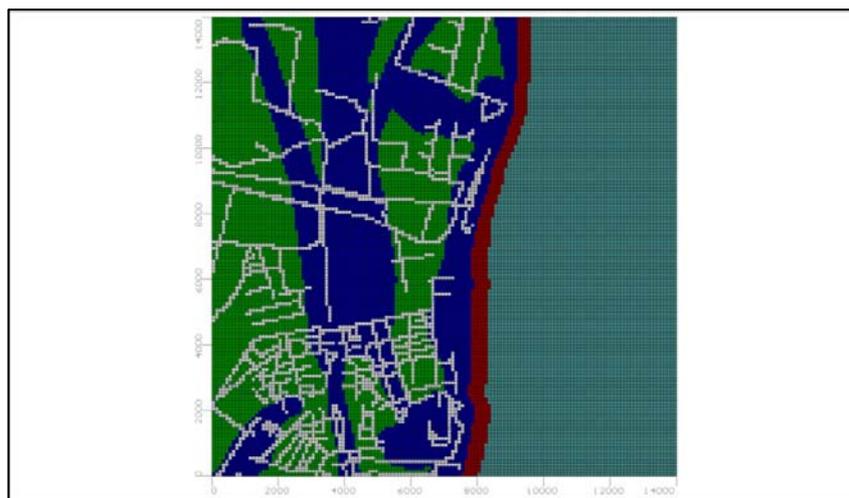


Figura 5.5 – Principali Canali di drenaggio presenti nell'area modellata

Il parametro della ricarica (*recharge*) indica, appunto, la ricarica effettiva che avviene all'interno dell'acquifero ad opera delle piogge che cadono durante l'anno. Preso un valore di precipitazioni medio per un anno di 625 mm, si è considerata un'infiltrazione del 26,50 % sul totale (166 mm) per le aree che hanno sabbie come deposito superficiale, e del 2% (13 mm) nel caso in cui il deposito superficiale sia di tipo argilloso-limoso. I valori d'infiltrazione delle acque meteoriche nell'acquifero, differente per depositi sabbiosi e depositi argillosi, è stato impostato dopo una valutazione fatta dallo scrivente e dal *supervisor* canadese basata sulla porosità (sabbie e argille) nota da letteratura. Questi valori sono stati applicati per tutto il tempo della simulazione. Infine, in corrispondenza con il mare, sono state messe delle celle a concentrazione costante (*constant concentration*) di 34000 mg/l durante tutto il tempo della simulazione.

5.3.4 Condizioni iniziali

Le condizioni iniziali che contraddistinguono il modello sono:

- *Initial heads*
- *Initial concentration*

Il dato del carico idraulico iniziale (*initial heads*) è stato impostato uguale a 0 m su tutto il modello. Il valore di concentrazione salina iniziale (*initial concentration*), cioè la concentrazione salina presente all'interno delle acque di falda al tempo 0 della nostra simulazione, è stata imposta in modo differente nei vari scenari, e cioè:

- 0 mg/l scenario 1
- 34000 mg/l scenario 2

Questo è stato fatto in modo da poter individuare, attraverso la modellazione, quale scenario iniziale sia più verosimile, cioè capire se la sorgente salina inquinante sia un'ingressione di acqua marina attuale, oppure una regressione marina molto veloce in tempi storici e quindi, una salinizzazione iniziale dovuta ad acqua marina che non ha avuto il tempo di essere espulsa dall'acquifero.

5.3.5 Tempi di simulazione

Tutti i modelli elaborati sono stati creati con un tempo di simulazione di 7300 giorni, cioè 20 anni, in modo da conciliare un periodo abbastanza lungo di simulazione con i tempi effettivi per far girare il programma. Altro fattore molto importante nella simulazione sono gli intervalli temporali (*time step* Δt); ad ogni Δt , infatti, viene ricalcolato il campo delle velocità in funzione della densità delle varie tipologie di acqua (dolce, salmastra e salata) che sono presenti nel modello. Il sistema di equazioni è ricalcolato in base alle altezze equivalenti e ai nuovi campi di velocità (Giambastiani, 2007). In un sistema d'intrusione salina possono esserci variazioni in tempi brevi, quindi un Δt nell'ordine dei mesi può andare bene. Nel caso dei nostri modelli sono stati impostati 100 Δt .

5.4 Modelli

Il software, finita la simulazione eseguita in stato stazionario, restituisce delle immagini su cui è visibile come si sia distribuita la ricarica proveniente dalle precipitazioni, ed anche la dinamica di intrusione salina al contatto tra le due masse di acqua (dolce e salata). Nei seguenti sottoparagrafi sono illustrati i risultati delle varie modellizzazioni le cui immagini hanno un'esagerazione verticale rispetto all'orizzontale di 100×.

5.4.1 Modello con concentrazione iniziale di 0 mg/l

I dati illustrati di seguito si riferiscono a un modello che ipotizza un acquifero con una concentrazione salina iniziale ($t = 0$) pari a 0 mg/l.

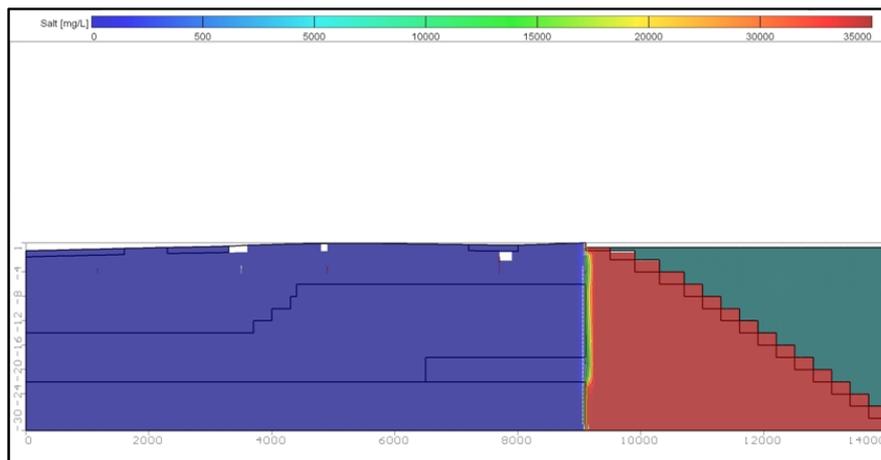
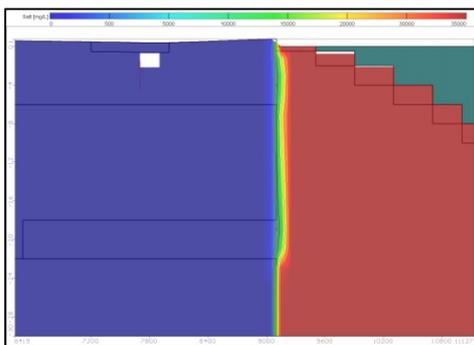


Figura 5.6 – Distribuzione della salinità nell'acquifero dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW - SEAWAT 2000. Riga del modello 3D n° 23 (*row 23*)



Dall'immagine di Figura 5.6, si vede molto bene come dopo una simulazione di 20 anni l'equilibrio tra le masse d'acqua a differente densità (dolce e salata) sia sostanzialmente immutato. Infatti, l'ingrandimento della zona di contatto tra l'acqua dolce e l'acqua salata

Figura 5.7 – Particolare di Figura 5.6

(Figura 5.7) mostra un leggerissimo avanzamento del fronte dell'acqua dolce all'interno dell'acqua marina.

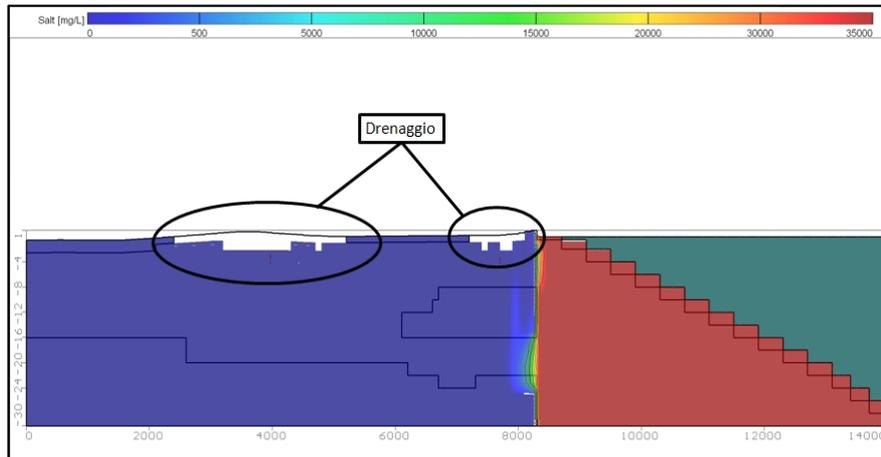


Figura 5.8 - Distribuzione della salinità nelle acque dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW - SEAWAT 2000. Riga del modello 3D n° 54 (row 54)

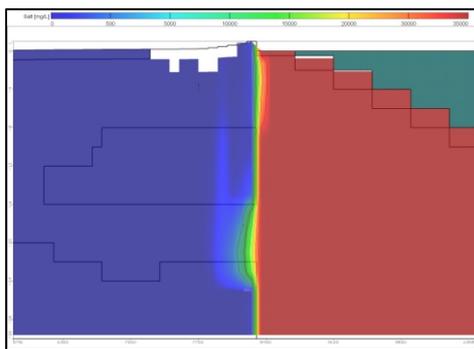


Figura 5.9 – Particolare di Figura 5.8

Anche in questo caso (Figura 5.8), come il precedente, l'equilibrio tra le due masse d'acqua, dopo una simulazione di 20 anni, è sostanzialmente immutato. A differenza della sezione di Figura 5.6, in questo caso, in superficie ci sono diversi canali di drenaggio (Figura 5.8). I canali di drenaggio, probabilmente, causano un disequilibrio riportato in Figura 5.9, dove è possibile vedere nella parte bassa dell'immagine una leggera intrusione d'acqua di mare all'interno dell'acquifero. L'intrusione è dell'ordine delle centinaia di metri.

5.4.2 Modello con concentrazione iniziale di 34000 mg/l

I dati illustrati di seguito si riferiscono ad una modellazione in cui nel momento iniziale ($t = 0$) l'acquifero ha una concentrazione salina pari a 34000 mg/l.



Figura 5.10 – Profilo nei campi agricoli nei pressi di Lido Adriano

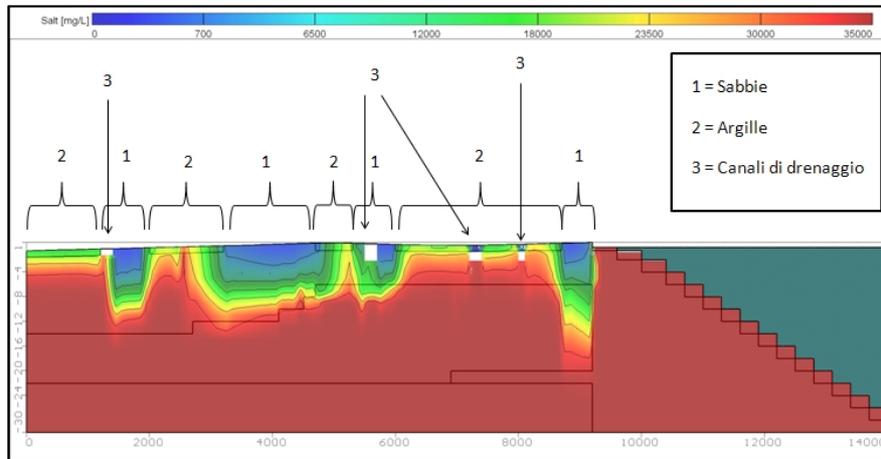


Figura 5.11 – Distribuzione della salinità in sezione nel modello dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW nei pressi di Lido Adriano (Figura 5.10). Riga del modello 3D n° 13 (Row 13)

In Figura 5.11 è riportato il risultato di una simulazione di 20 anni, dopo questo tempo si vede molto bene come la ricarica ad opera delle precipitazioni meteoriche (*recharge*) abbia un effetto di addolcimento dell'acqua di falda unicamente dove il deposito superficiale è di tipo sabbioso. Nelle aree in cui c'è un deposito superficiale di tipo argilloso, la ricarica ha un effetto poco rilevante o pressappoco nullo. È, inoltre, visibile l'effetto negativo che esercitano i canali di drenaggio sulla ricarica, intercettando le acque meteoriche e creando un disequilibrio di carico idraulico a livello locale.



Figura 5.12 - Profilo nei campi agricoli nei pressi di Lido di Dante

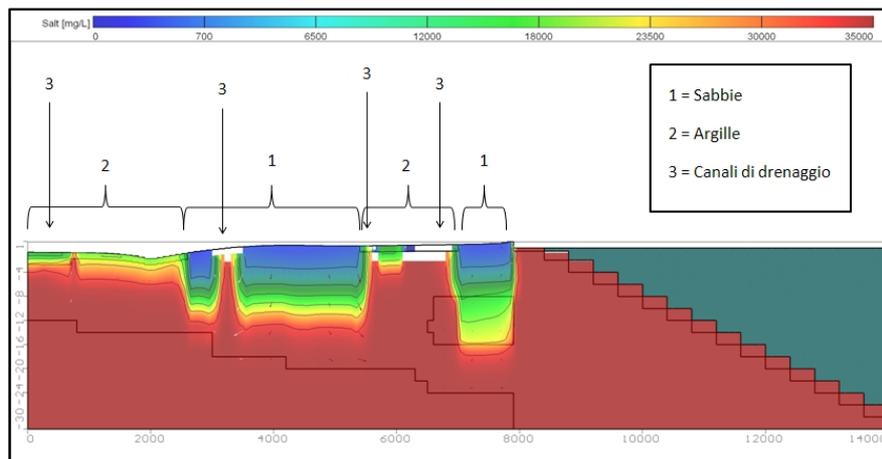


Figura 5.13 - Distribuzione della salinità in sezione nel modello dopo 7300 giorni di simulazione con MODFLOW nei pressi di Lido di Dante (Figura 5.12). Riga del modello 3D n° 69 Row 69

Nella sezione di Figura 5.13 riscontriamo nuovamente la differenza di ricarica a seconda del tipo di deposito superficiale presente. Infatti, è ben visibile la distribuzione a lenti dell'acqua dolce (colore blu di Figura 5.13) che è concentrata unicamente nella zona del retro-duna e dei depositi sabbiosi nei pressi della Pineta di Classe. In particolare, all'interno dei depositi sabbiosi della Pineta di Classe, è chiara l'interferenza del canale di drenaggio che disturba la ricarica anche in presenza di un deposito superficiale di tipo sabbioso.

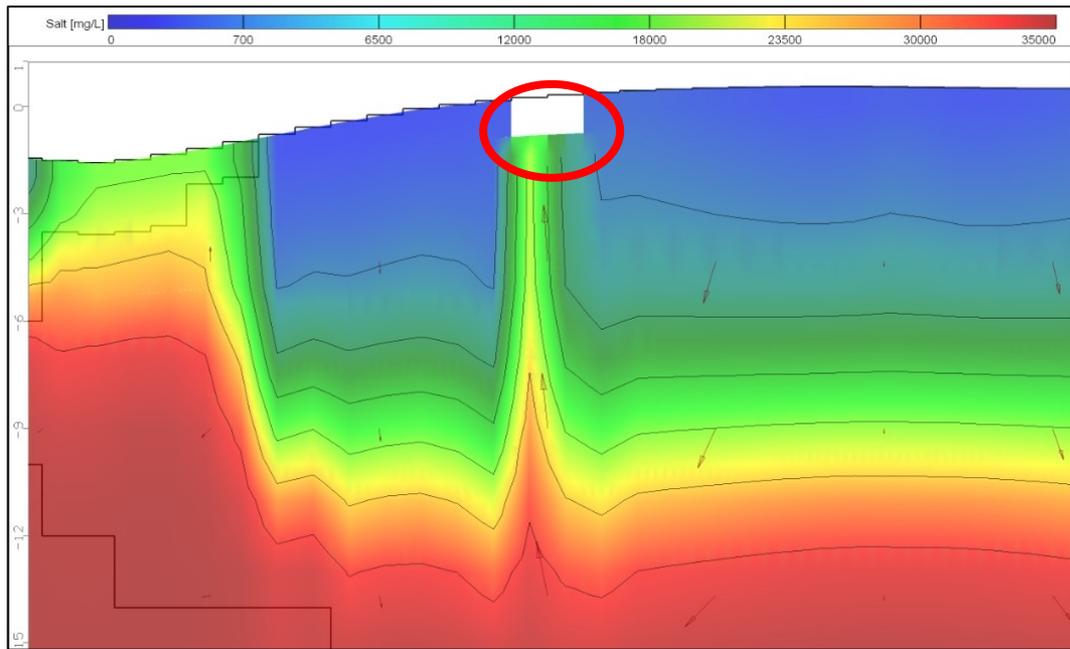


Figura 5.14 - Particolare del disturbo causato da un canale di drenaggio. Riga del modello 3D n° 75 (row 75).

Dall'ingrandimento della riga del modello n°75 di Figura 5.14 è interessante notare come il canale di drenaggio oltre ad intercettare l'acqua in corrispondenza dello stesso, crei un disturbo anche in profondità. La dinamica può essere descritta come conseguenza delle due lenti d'acqua dolce che infiltrandosi ai lati del canale scendono in profondità e tendono ad espellere l'acqua salata spingendola verso l'alto; l'acqua salata trova poi una via preferenziale di uscita nel canale di drenaggio.

5.5 Risultati e discussione

Dalla simulazione con una concentrazione iniziale 0 g/l all'interno dell'acquifero, sottoparagrafo 5.4.1, risulta che le due masse d'acqua a differente densità, e cioè acqua dolce e acqua marina, sono sostanzialmente in equilibrio (Figura 5.6 e Figura 5.8). La simulazione mette in evidenza solo dei piccoli movimenti correlabili con la presenza dei canali di drenaggio in superficie, infatti, dove i canali hanno una rete poco presente (Figura 5.7) la ricarica delle piogge spinge la massa d'acqua dolce ad incunearsi verso mare all'interno dell'acqua salata. Dove la rete di canali di drenaggio è molto presente (Figura 5.9), si nota

come l'acqua salata di provenienza marina si incunea verso ovest all'interno dell'acquifero freatico. Entrambi i fenomeni appena descritti hanno un'estensione spaziale nell'ordine del centinaio di metri, dopo un tempo di venti anni. La seconda simulazione, con una concentrazione iniziale di 34000 mg/l (sottoparagrafo 5.4.2), mostra una differente ricarica ad opera delle precipitazioni. Dalle immagini (Figura 5.11 e Figura 5.13), che abbiamo ottenuto dopo una simulazione di 7300 giorni, risulta molto evidente che la differente ricarica, ad opera delle precipitazioni meteoriche, avviene in modo differente a seconda del deposito superficiale presente. Infatti, in presenza di sabbie in superficie vi è un notevole ricambio delle acque di falda, mentre in presenza di argille-limi l'acqua di falda risulta poco o per niente rinnovata. Altro dato rilevante è l'interferenza che produce la presenza di canali di drenaggio (Figura 5.11 e Figura 5.13) sulla dinamica di ricarica anche in presenza di depositi superficiali sabbiosi. Infine si è visto dalla modellizzazione (Figura 5.14) che i canali di drenaggio fungono da richiamo delle acque salate dal *bottom* dell'acquifero, che sono spinte verso l'alto dall'acqua dolce che s'infiltra nelle aree limitrofe.

5.6 Conclusioni

Dall'analisi ed interpretazione dei risultati ottenuti dopo una simulazione di 7300 giorni, si possono fare considerazioni riguardo alla differenza tra i due tipi di modelli fatti girare con il software SEAWAT 2000. Dal primo modello (Figura 5.6), con una concentrazione salina iniziale di 0 mg/l, risulta che le due masse d'acqua a differente densità sono sostanzialmente in equilibrio, presentando un movimento delle acque nella zona di contatto molto modesto, e cioè di poche centinaia di metri. Questo non riesce a giustificare lo stato attuale dell'acquifero freatico ravennate formatosi sostanzialmente da poche migliaia di anni, che si presenta salinizzato anche a notevole distanza dal mare. A differenza del modello appena descritto, quando analizziamo i risultati ottenuti dal modello con una concentrazione iniziale di 34000 mg/l, l'aspetto finale che presentano le sezioni (Figura 5.11 e Figura 5.13), dopo una simulazione di 7300 giorni, è molto simile allo stato di salinizzazione attuale delle acque di falda. Infatti, l'acqua dolce ha una distribuzione discontinua, a lenti, al top della tavola d'acqua mostrando inoltre un'approfondirsi della zona a salinità intermedia tra acqua dolce ed acqua salata (zona di mescolamento) in presenza di acqua dolce in superficie. L'effetto della

presenza in lenti è dovuto alla differente ricarica che le piogge apportano nell'acquifero, dove c'è un deposito superficiale sabbioso è facilitata rispetto alle aree in cui incontriamo un deposito superficiale argilloso – limoso. Dalle sezioni (Figura 5.11 e Figura 5.13) risulta anche che in falda non c'è flusso orizzontale, poiché, si nota come l'acqua dolce che proviene dall'infiltrazione delle piogge si distribuisce in corrispondenza dei depositi superficiali sabbiosi, mentre sotto i depositi argillosi si trova quasi esclusivamente acqua salata. Altro dato molto interessante che si ricava, è il disturbo che arrecano i canali di drenaggio alla dinamica di ricarica dell'acquifero, infatti, si nota (Figura 5.13) come nelle vicinanze e nella cella in cui è presente, non c'è acqua dolce in falda. Inoltre, i canali di drenaggio fungono da via preferenziale per le acque salate profonde presenti in falda (Figura 5.14) spinte verso l'alto dall'acqua dolce che si infiltra nelle aree limitrofe. In definitiva, dopo una simulazione di 7300 giorni, una concentrazione iniziale di 0 mg/l non riesce a spiegare lo stato attuale di infiltrazione salina rilevata in letteratura (Antonellini et al. 2008). Un modello che ipotizza acqua con una concentrazione salina di 34000 mg/l, presente in falda fin dalla formazione dell'acquifero dalla trasgressione post Flandriana ed anche in seguito all'evoluzione della linea di costa che ha subito un rapidissimo avanzamento in tempi storici, dà risultati finali che sono molto più simili all'aspetto attuale della distribuzione delle varie tipologie di acque (dolce, salmastra e salata) in falda. La distribuzione a lenti dell'acqua dolce, infatti, risulta anche dalle prospezioni geoelettriche illustrate nel Capitolo 3.

6 Sperimentazione della metodologia di monitoraggio attraverso i minifiltri

6.1 Introduzione

Uno dei problemi più grandi da risolvere per quanto riguarda il monitoraggio delle acque di falda è sicuramente il metodo da applicare alla raccolta dati e a quella dei campioni. Infatti, facendo le misurazioni dei parametri fisici e la raccolta dei campioni di acqua per le analisi chimiche o isotopiche nei piezometri, è importante essere il più possibile sicuri che l'acqua che si sta analizzando sia rappresentativa dell'acqua di falda. Come già detto nel paragrafo 4.3 le metodologie per il monitoraggio diretto delle acque sono molteplici. Ad esempio, molto usata per l'analisi delle acque potabili è la metodologia che prevede lo spurgo totale del pozzo prima della raccolta del campione, questa pratica ha sicuramente la sua validità ma in acquiferi fortemente inquinati dal punto di vista della presenza di sale, come nel nostro caso (Antonellini et al., 2008) (vedi capitoli 3 e 4), questa metodologia renderebbe quasi impossibile il campionamento di acqua dolce, poiché presente in modeste quantità alla superficie della falda in quanto essa verrebbe quasi sicuramente espulsa con lo spurgo del pozzo. Altro metodo molto valido è lo *straddle packers* Solinst™, illustrato nel paragrafo 4.3. Questo metodo è sicuramente valido, poiché si riesce a circoscrivere l'ampiezza dello strato d'acquifero analizzato anche a poche decine di centimetri isolando la parte da analizzare attraverso il gonfiaggio di camere d'aria che delimitano un piccolo tratto filtrante. Può, però, esistere un inconveniente qualora vi fosse la presenza intorno al piezometro di materiale con un'alta conducibilità idraulica, come ad esempio il *gravel pack*, in quanto renderebbe inutile la metodologia appena descritta poiché quest'ultimo funge da via preferenziale per la circolazione dell'acqua e provocherebbe un *bypass* della zona delimitata dai *packers*.

6.2 I minifiltri

Già da alcuni anni, nel nord dell'Europa è utilizzata la metodologia a minifiltri allo scopo di monitorare la qualità delle acque sotterranee (*nested piezometers* (Pickens et al., 1978; Cherry, 1983; Neilsen and Yeates, 1985; Keely and Boateng, 1987; Stites and Chambers, 1991; Davis and Barber, 1994; Lerner and Teutsch, 1995)). In Olanda il territorio si trova per gran parte al di sotto del livello medio marino, inoltre, l'estrazione dell'acqua dal sottosuolo rappresenta l'unica fonte di approvvigionamento; quindi il monitoraggio della qualità delle acque sotterranee riveste un'importanza particolare. Infatti, in questo paese l'applicazione dei minifiltri è stata molto sperimentata, in particolare presso la Vrije Universiteit di Amsterdam (Stuyfzand, 1983).

6.2.1 Strumentazione e metodologia

La metodologia di campionamento con minifiltri differisce dal sistema tradizionale dell'utilizzo dei più conosciuti piezometri. Il sistema è composto di vari elementi:

- minifiltri
- tubicini di connessione con la superficie
- tubo guida (*riser*)

I minifiltri sono costituiti da un tubo di materiale plastico di 120 mm di lunghezza e di 10 mm di diametro connesso tramite apposito adattatore ad un tubicino di 6 mm di diametro che funge da connettore con la superficie (Figura 6.1 (a) e (b)). Il filtro è riempito con lana di vetro che funge da filtro per le particelle più sottili e da una rete di materiale plastico che serve per filtrare il sedimento più grosso (Figura 6.1 (c)).



Figura 6.1 - (a) Tubicini di connessione con la superficie, adattatore e filtro. (b) Adattatore. (c) Rete per filtrare il materiale più grossolano.

Il minifiltro viene quindi assemblato con tutti i suoi pezzi e viene fissato ad un tubo guida. Il tubo guida (guida o *riser*) che viene infisso nel terreno è un tubo in PVC con un diametro di 50 mm ed una lunghezza di 3,00 m. Al tubo in PVC sono state praticate delle aperture per permettere l'entrata dei tubicini di connessione del filtro con la superficie (Figura 6.2). Il minifiltro è fissato al *riser* tramite della colla a caldo e due fascette (Figura 6.3).



Figura 6.2 – Tubo guida in PVC con apertura per la connessione del filtro con la superficie



Figura 6.3 – Minifiltro completo fissato al tubo guida.

Quando il minifiltro viene fissato alla guida, il tubo di connessione tra il filtro e il piano campagna viene inserito all'interno del tubo attraverso le aperture praticate precedentemente (Figura 6.3). Le stesse operazioni appena descritte devono essere effettuate per tutti i filtri che si intendono installare lungo la guida e con la spaziatura che si ritiene più idonea allo scopo da raggiungere, in modo da ottenere il sistema di mini-filtri pronto per la messa in posa (Figura 6.4).



Figura 6.4 – Sistema con minifiltri completo.

Tutti i tubicini che servono da collegamento tra i minifiltri e la superficie, passeranno all'interno del tubo guida in modo da non creare difficoltà durante la messa in opera del sistema ed inoltre per essere più protetti in modo da evitare rotture. I terminali dei tubicini devono essere numerati al fine di conoscere a quale filtro corrispondono e a che profondità sono localizzati (Figura 6.5).



Figura 6.5 – Numerazione dei minifiltri.

Il tubo guida completo corredato dei mini filtri prima di essere messo in posto viene avvolto in una calza di nylon (Figura 6.6) che serve per filtrare ulteriormente l'acqua prima che arrivi a contatto con il minifiltro.



Figura 6.6 – Calza di nylon.

6.2.2 Messa in posto dei minifiltri

La messa in posto dei minifiltri è avvenuta manualmente dal personale del laboratorio I.G.R.G.. Il lavoro è stato eseguito attraverso l'utilizzo di un sistema di trivellazione manuale (Figura 6.7a), con l'ausilio di un *kit* di montaggio composto da camicie metalliche (*Casing* per la perforazione) piccole pedane (*Drilling platform*) e delle morse da campagna dell'azienda olandese che produce strumenti per la ricerca ambientale EijkelkampTM (Figura

6.7 (b)). Il sistema viene infisso nel terreno protetto dalle camice metalliche messe in posto per trivellazione. Raggiunta la profondità desiderata, le camice metalliche vengono rimosse e la sabbia circostante collassa sul tubo guida.

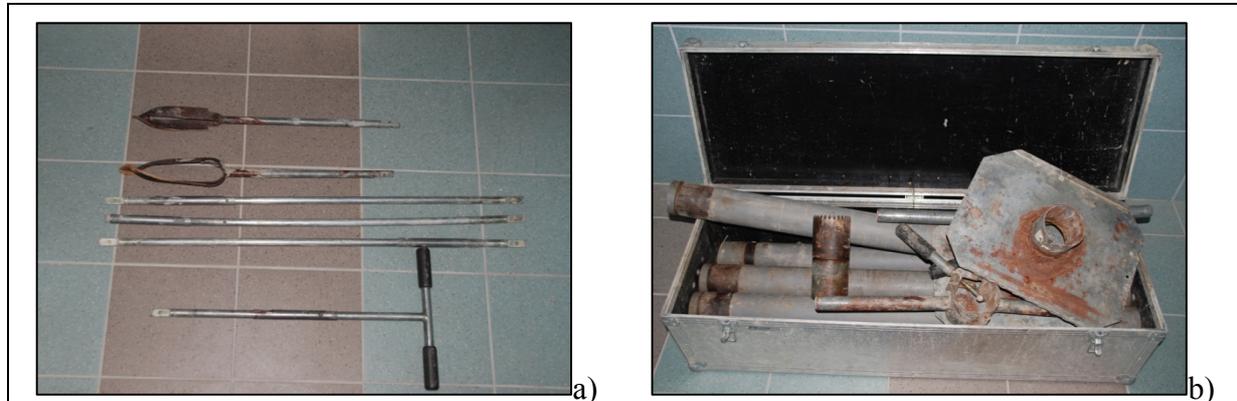


Figura 6.7 - (a) Trivella manuale. (b) *Kit* di montaggio della Eijkelkamp.

Per la sperimentazione in campo del sistema è stato delineato un transetto costituito da tre punti in cui sono stati installati altrettanti sistemi a minifiltri. Per avere una litologia omogenea (necessaria per un test del metodo), è stato scelto di implementare il sistema, tra il 2009 e il 2010, nel retroduna della Pineta di Classe (Figura 6.8), poiché nel retro duna è presente un deposito omogeneo di sabbie sciolte facile da trivellare. Inoltre il retro duna rappresenta una delle aree più importanti sia per la sua vicinanza al mare sia perché è una zona molto importante per la ricarica dell'acquifero da parte delle piogge. L'impianto dei sistemi a minifiltri sono serviti innanzitutto per la sperimentazione di un nuovo metodo di monitoraggio, ma anche per lo studio della lente d'acqua presente nel retroduna rilevata nei capitoli precedenti (Capitolo 3). I tre minifiltri sono stati installati rispettivamente a 50 m, 100 m, e 200 m dalla linea di riva (Figura 6.8). Una volta installati i minifiltri sono stati quotati durante una campagna di lavoro con un rilievo accurato con strumentazione GPS con una precisione di ± 1 cm. In appendice sono riportate le coordinate geografiche dei minifiltri, e le quote dei vari filtri.



Figura 6.8 – Localizzazione dei punti di sperimentazione con sistema a minifiltri, da Google Earth.

6.3 Campagne di monitoraggio

Finito il lavoro di messa in posto dei minifiltri, sono state eseguite nel tempo 3 campagne di monitoraggio, due nel corso del 2010 (ottobre e dicembre) ed una nell'agosto 2011. Nelle campagne di ottobre 2010 e agosto 2011 sono stati raccolti i parametri fisici delle acque quali, la conducibilità elettrica (C.E.) e la temperatura (T), nella campagna effettuata nel mese di dicembre 2010 sono stati raccolti anche dei campioni d'acqua che sono stati in seguito analizzati presso la società di servizi ambientali "MED Ingegneria" di Marina di Ravenna. Il prelievo dei campioni di acque è avvenuto tramite l'utilizzo di una pompa peristaltica connessa ai tubicini corrispondenti ai vari minifiltri (Figura 6.9). Il campione analizzato è stato prelevato dopo un spurgo pari a 3 volte il volume del sistema a minifiltri e della pompa peristaltica.



Figura 6.9 - Pompa peristaltica.

La conducibilità elettrica e la temperatura delle acque è stata rilevata con strumentazione *Mettler Toledo seven go conductivity* con una precisione di:

- Conducibilità elettrica $\pm 0,5$ % del valore rilevato
- Temperatura $\pm 0,2$ °C

La sonda per la misura della conducibilità elettrica è stata tarata con soluzione standard (*HANNA instruments*) 1,413 mS/cm a 25°C.

6.3.1 Ottobre 2010

Il 10/10/2010 è stata per la prima volta eseguita una campagna di rilievo in cui sono stati rilevati conducibilità elettrica e temperatura nei minifiltri installati (Tabella 6.1). Quando è stato fatto il rilievo dei campioni di acqua dai minifiltri, è stata eseguita una trivellata nelle immediate vicinanze in modo da poter leggere i valori di conducibilità elettrica e temperatura alla superficie della tavola d'acqua. Dai dati raccolti sono stati poi costruiti dei grafici in cui sono riportate la profondità del filtro e la conducibilità elettrica rilevata (mS/cm).

6 Sperimentazione della metodologia di monitoraggio attraverso i minifiltri

N° filtro	MF 1			MF 2			MF 3		
	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C
Trivellat	0,36	0,4	18,4	-0,01	1,02	16,3	-0,19	0,9	
8				-0,619	3,45	18,7	-1,16	2,42	16,8
7				-1,119	17,88	17,9	-1,66	3,01	18,2
6	-0,843	3,45	19,5	-1,619	33,1	18,4	-2,16	6,43	16,4
5	-1,343	36,1	19,6	-2,119	34,5	19,5	-2,66		
4	-1,843	45,1	22,1	-2,619	34	18,6	-3,16	25,5	15,9
3	-2,343	45,6	22,5	-3,119	33,7	16,9	-3,66	31,6	15,6
2	-2,843	46,1	21,2	-3,619	33,9	17,8	-4,16	32,3	17
1	-3,343	46,6	19,4	-4,119	36,7	15,6	-4,66	32,6	16,3

Tabella 6.1 - Dati rilevati nel mese di Ottobre 2010

Dai grafici riportati in Figura 6.10 è possibile tracciare bene il cambiamento della conducibilità elettrica dell'acqua a partire da valori minimi intorno a 1,00 mS/cm fino ad arrivare a valori intorno ai 40,00 mS/cm, con i valori intermedi che cadono perfettamente sulla linea di interpolazione dati creata con ExcelTM unendo tramite una linea i punti noti con l'utilizzo di un grafico a dispersione. Il cambiamento di conducibilità, è molto brusco nel punto più vicino al mare (Figura 6.10 (a)), situato nel retroduna, ed è invece più lento nel punto di osservazione più lontano (Figura 6.10 (c)), situato in pineta. Il cambiamento di C.E. nel punto intermedio del transetto (Figura 6.10 (b)) avviene con una velocità intermedia tra i due punti appena descritti.

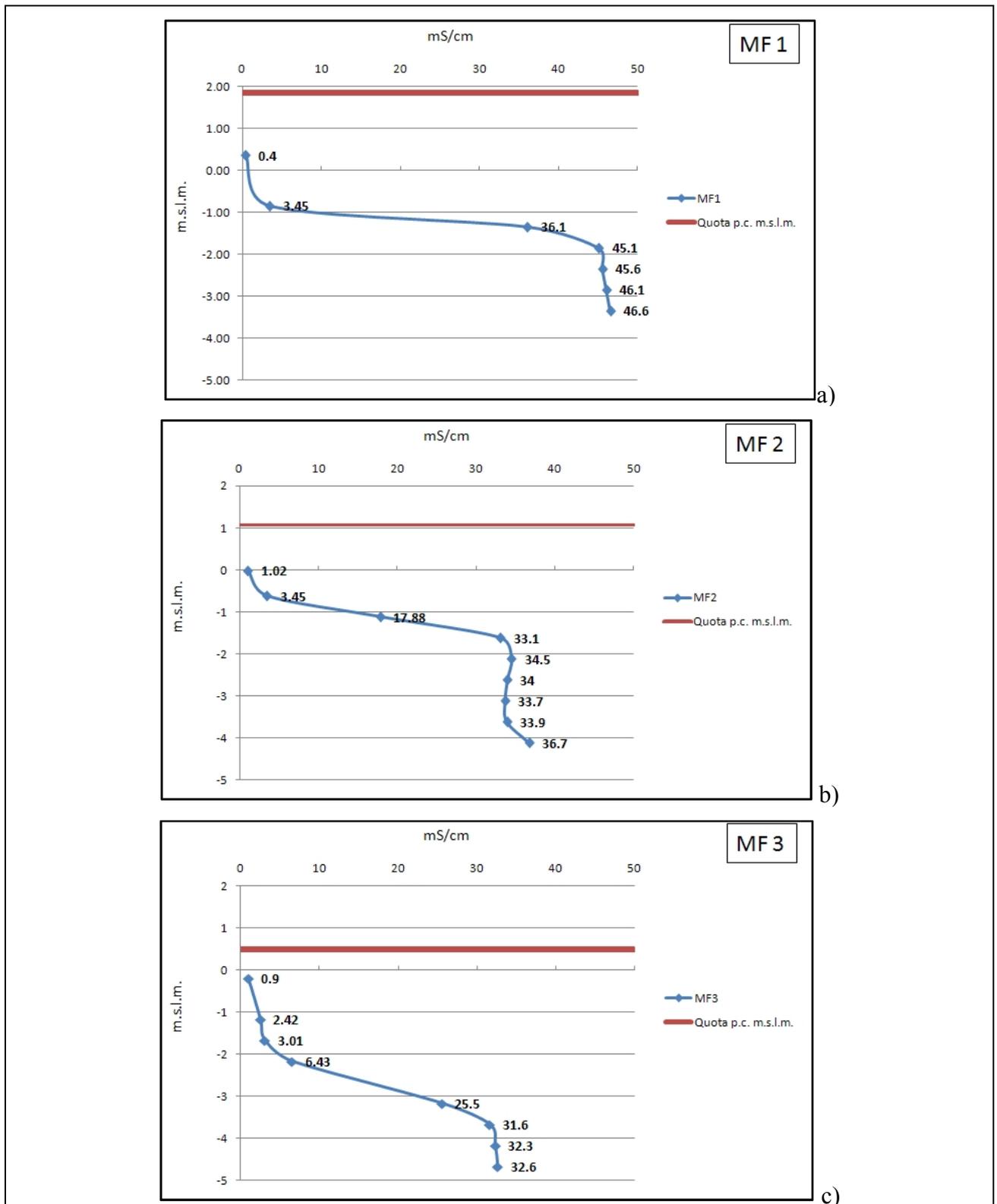


Figura 6.10 – Profili di conducibilità elettrica vs profondità, Ottobre 2010. Vicino al punto di osservazione è riportato il valore osservato. (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3.

6.3.2 Dicembre 2010

Il 14/12/2010 è stato eseguito un secondo rilievo tramite i minifiltri installati. In questa seconda campagna di rilevamento sono stati raccolti, oltre ai parametri fisici dell'acqua, anche dei campioni che sono stati poi sottoposti ad analisi chimiche (vedi Tabella 6.3) tra il 21 ed il 28 Dicembre. Nel periodo intercorso tra la data di prelievo e la data delle analisi, i campioni sono stati conservati in frigorifero a + 4 °C. In campo sono stati raccolti i dati di conducibilità elettrica (C.E.) e temperatura (Tabella 6.2), da cui sono stati ricavati i grafici in Figura 6.11 dove sono riportati la profondità in m.s.l.m. e la C.E.. In questa campagna di monitoraggio, purtroppo, non sono stati raccolti i dati attraverso la trivellata praticata nelle vicinanze dei sistemi MF, quindi i grafici mancano del punto più superficiale (con acqua presumibilmente dolce) rispetto alle altre campagne di monitoraggio. Anche in questo caso è visibile come la C.E. aumenti con la profondità in modo diverso a seconda se siamo vicini alla linea di riva (Figura 6.11 (a)) o se ci allontaniamo (Figura 6.11 (b) e (c)), e cioè in meno spazio verticale nell'MF 1, in più spazio nell'MF 2 ed in uno spazio ancora maggiore nell'MF 3.

N° filtro	MF 1			MF 2			MF 3		
	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C
Trivellata									
8				-0.619	4.66	10.3	-1.16	2.87	9.7
7				-1.119	22.98	12.0	-1.66	4.55	10.3
6	-0.843	6.01	12.5	-1.619	34.32	11.8	-2.16	8.05	12.5
5	-1.343	30.32	13.3	-2.119	36.61	12.0	-2.66		
4	-1.843	44.64	11.1	-2.619	35.46	11.6	-3.16	26.84	13.4
3	-2.343	45.66	10.9	-3.119	35.6	12.5	-3.66	30.69	13.4
2	-2.843	46.69	9.9	-3.619	36.51	12.5	-4.16	33.64	13.1
1	-3.343	47.9	12.0	-4.119	38.13	12.6	-4.66	33.02	12.8

Tabella 6.2 – Dati rilevati nel mese di Dicembre 2010

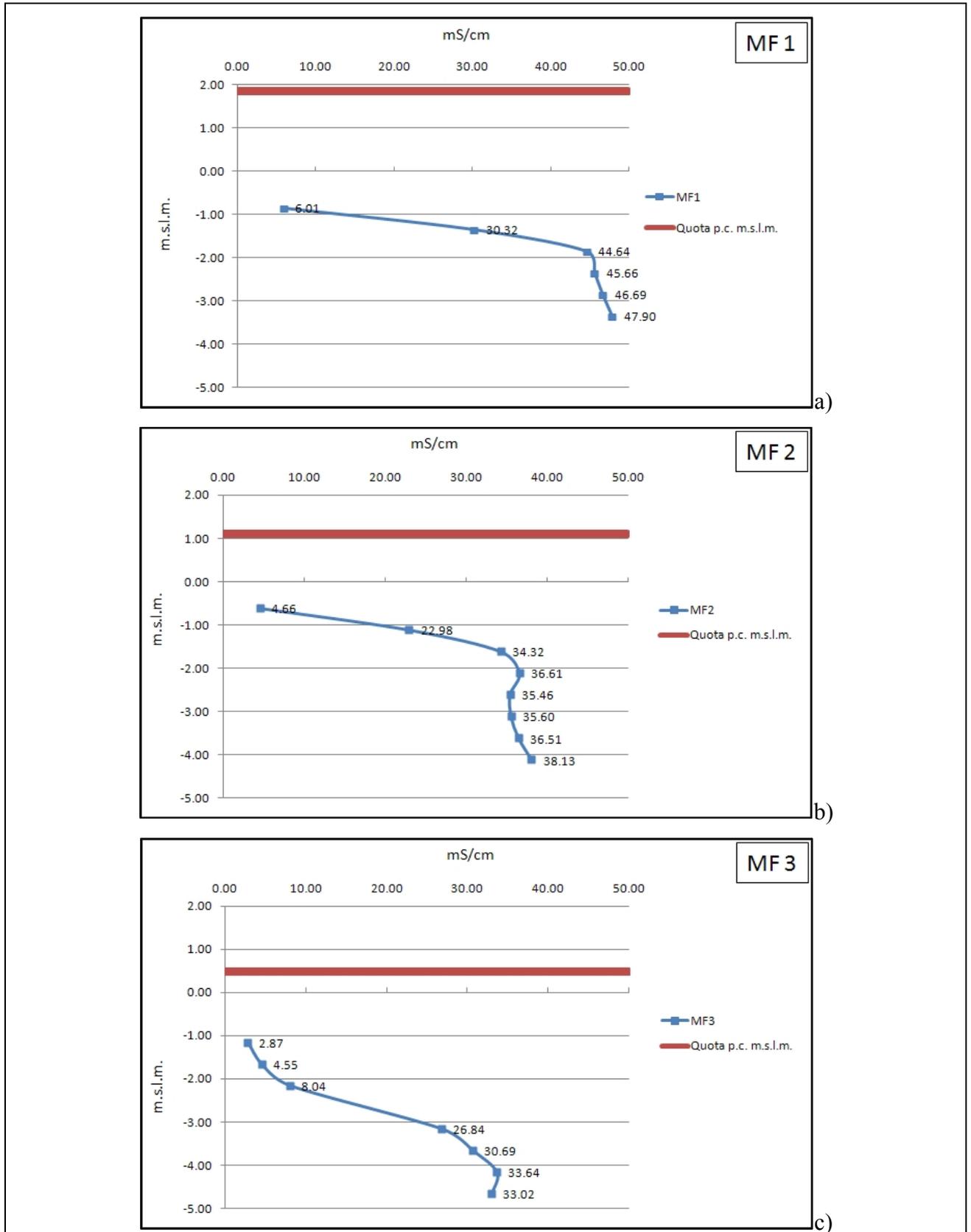


Figura 6.11 - Profili di conducibilità elettrica vs profondità Dicembre 2010. (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3.

I campioni d'acqua analizzati chimicamente (Tabella 6.3) sono stati scelti sulla base della conducibilità elettrica misurata in campo, in modo da avere tre dati per stazione MF che rappresentassero in modo soddisfacente le tipologie di acque presenti in falda. Sono stati prelevati quindi campioni che presentavano una conducibilità elettrica bassa (MF 1-6, MF 2-8 e MF 3-8), campioni con una conducibilità elettrica elevata (MF 1-1, MF 2-2 e MF 3-1) e campioni che presentavano valori di conducibilità elettrica intermedi (MF 1-5, MF 2-7 e MF 3-6). Dai grafici riportati in Figura 6.12 si vede come i campioni delle acque analizzate si dispongono evidenziando una facies cloruro alcalina, cioè di acque che hanno subito una miscelazione con acque di mare o da acquiferi profondi. Nel diagramma di Figura 6.12 (c) il campione MF 3-8 è classificabile come facies bicarbonato alcalina, che indica processi di scambio ionico Ca-Na (Piper 1944-1953).

Nome	Ca	Mg	Na	K	Br	Cl	F	PO4	NO3	SO4	HCO3
MF 1-1	405	1150	9497	328	67	18682	<0.2	<2.5	<2.5	2281	235
MF 1-5	230	640	5750	217	38	10894	<0.2	<2.5	<2.5	1785	274
MF 1-6	42	65	950	41	6	1338	3.7	<2.5	4	251	285
MF 2-2	338	968	6500	250	46	13216	<0.2	<2.5	<2.5	1797	219
MF 2-7	458	464	3580	91	25	7189	<0.2	<2.5	<2.5	1311	306
MF 2-8	335	71	516	10	5	1384	<0.2	<2.5	<2.5	165	303
MF 3-1	534	1140	5101	209	37	11287	<0.2	<2.5	<2.5	1854	293
MF 3-6	53	71	1340	23	6	1898	<0.2	<2.5	<2.5	356	743
MF 3-8	40	33	441	14	<2.5	297	<0.2	<2.5	2.5	70	958

Tabella 6.3 – Risultati delle analisi chimiche effettuate sui campioni prelevati dai sistemi a minifiltri in mg/l

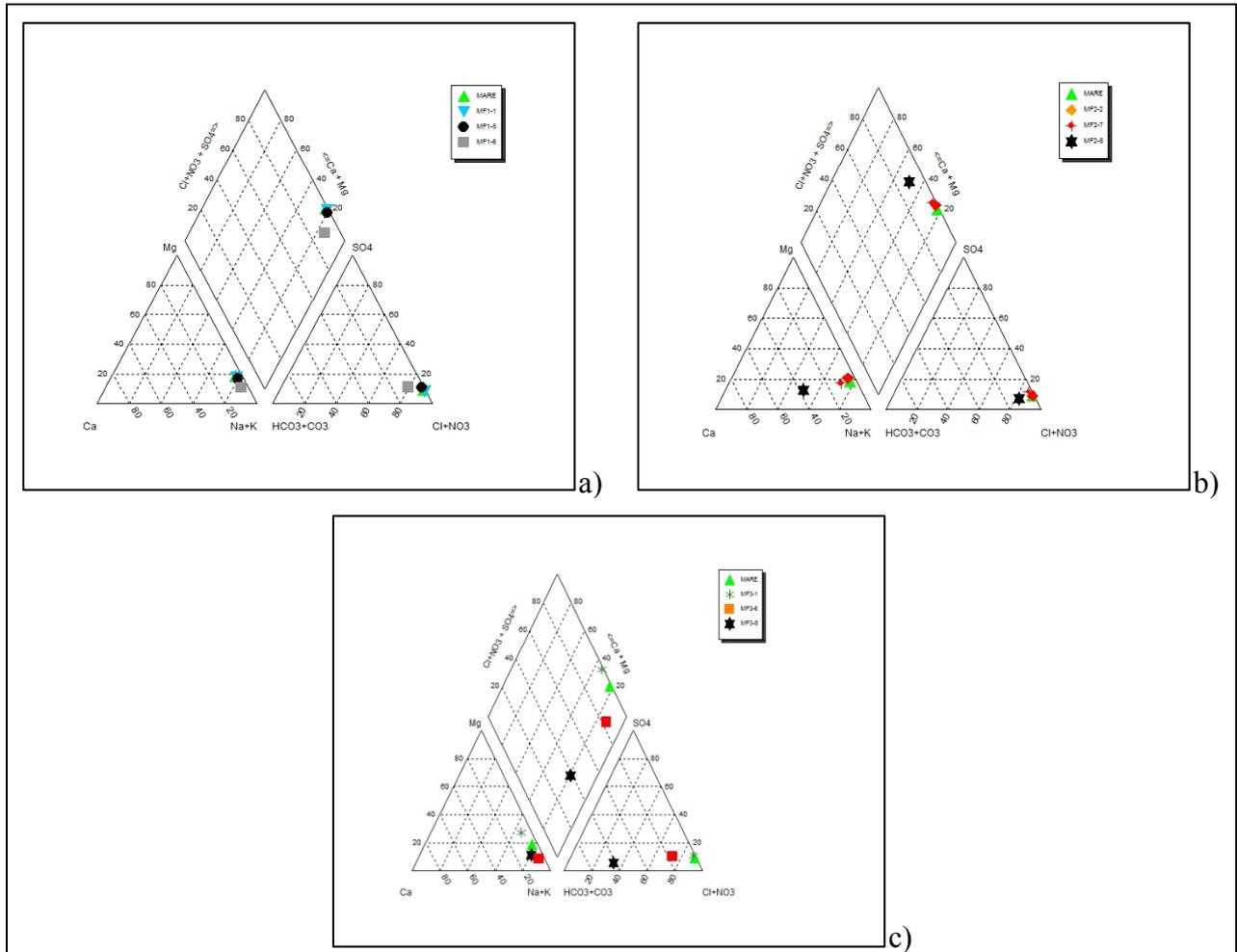


Figura 6.12 – Diagrammi di Piper ricavati dalle analisi chimiche eseguite nei sistemi MF (Tabella 6.3). (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3

I grafici di Figura 6.13 mostrano il confronto tra il contenuto di cloro e il contenuto di sodio (Figura 6.13 (a)) ed il confronto tra il contenuto di cloro e il contenuto di potassio (Figura 6.13 (b)), dei risultati ottenuti dalle analisi effettuate sui campioni prelevati nei vari filtri (Tabella 6.3). In grafico è riportata una linea (linea teorica) che rappresenta le concentrazioni degli elementi nell'acqua di mare allo stato reale, e diluito fino ad arrivare a concentrazione zero. Si può osservare come i dati si dispongano perfettamente sulla linea teorica nel caso del confronto tra le concentrazioni del cloro e del sodio (Figura 6.13 (a)). Nel caso del confronto tra le concentrazioni del cloro e del potassio si ha una buona corrispondenza tra i dati dei minifiltri e la linea teorica di diluizione, ad eccezione di due punti (MF 1-1 e MF 2-7) che si discostano seppur di poco (Figura 6.13 (b)).

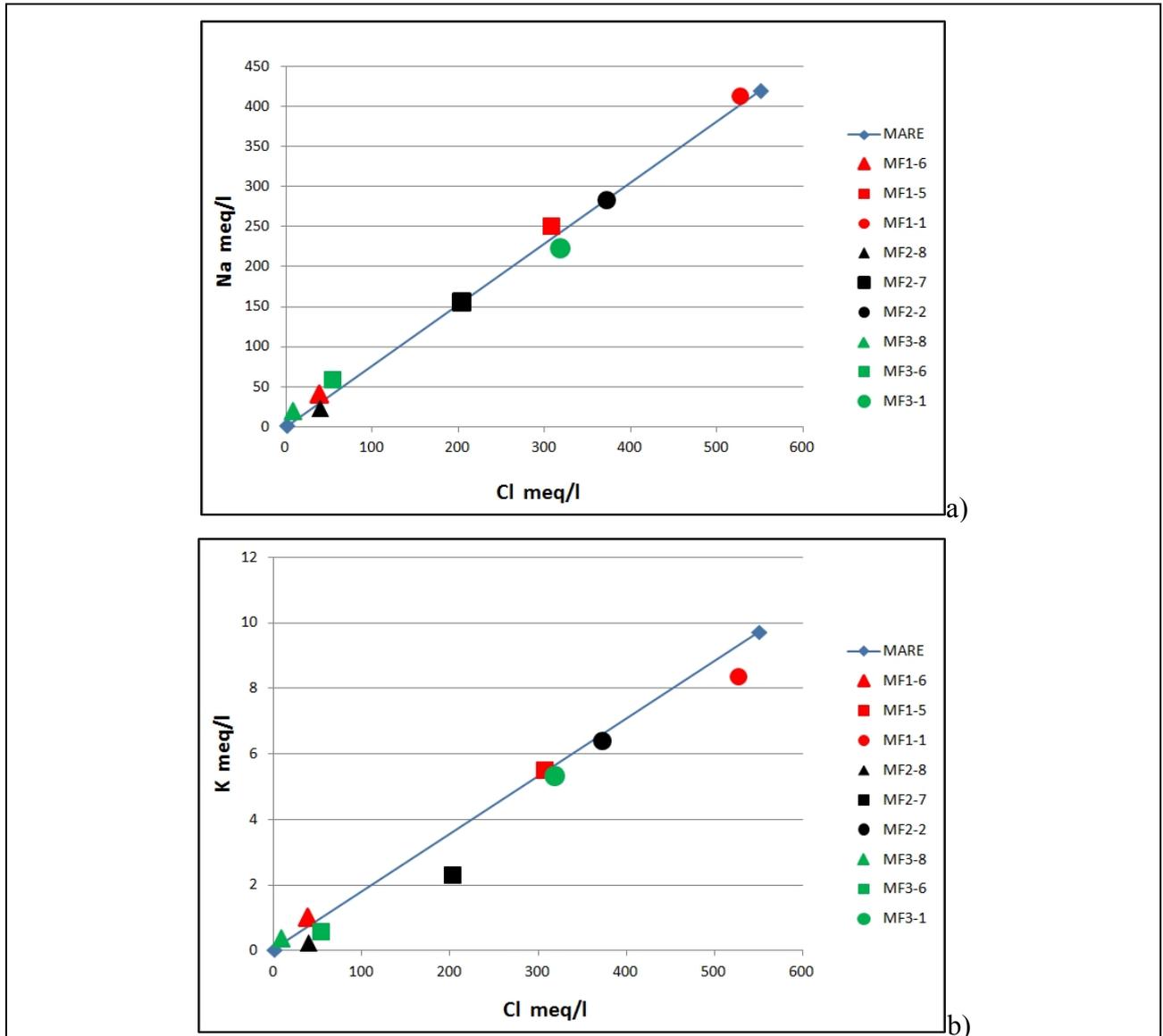


Figura 6.13 – (a) Confronto tra il contenuto di cloro (Cl) e di sodio (Na). (b) Confronto tra il contenuto di cloro (Cl) e di potassio (K).

Per valutare un trend nella composizione chimica delle acque, per capire se è in corso un processo di salinizzazione o di dolcificazione, abbiamo calcolato un indice chiamato BEX. Il BEX introdotto da Stuyfzand (2008) è un indice di scambio cationico, in meq/l, ed è calcolato come:

$$\text{BEX} = [\text{Na}^+ + \text{K}^+]_{\text{measured}} - 0,8768 \text{ Cl}^-$$

Quindi:

- $BEX = 0$ i cationi marini sono all'equilibrio
- $BEX > 0$ nell'acquifero è in corso un processo di dolcificazione
- $BEX < 0$ nell'acquifero è in corso un processo di salinizzazione

L'indice BEX per essere valido deve soddisfare alcune condizioni, che sono:

- i cationi Na, K, Mg, Cl^- sono principalmente di origine marina
- il frazionamento dei costituenti principali dell'acqua marina durante la formazione dello spray marino è trascurabile (lo spray marino è l'unica fonte di Na, K, Mg, Cl nell'acqua meteorica)
- il cloro ha un comportamento conservativo (non ci sono perdite né arricchimenti in questo anione)
- i tre cationi marini (Na, K, Mg) contribuiscono tutti allo scambio con il Ca

Dal grafico in Figura 6.14, è possibile vedere come i campioni MF 1-6, MF 3-8 e MF 3-6 presentano un BEX positivo, che indica un processo di dolcificazione, in corrispondenza di conducibilità elettriche basse (tra 2,87 e 8,05 mS/cm). Invece tutti gli altri punti, tranne uno, hanno un BEX negativo, che indica un processo di salinizzazione, in corrispondenza di conducibilità elettriche elevate (tra 22,98 a 47,9 mS/cm). Il punto MF 2-8 (Figura 6.14) pur presentando una conducibilità elettrica bassa (4,66 mS/cm) ha un BEX negativo.

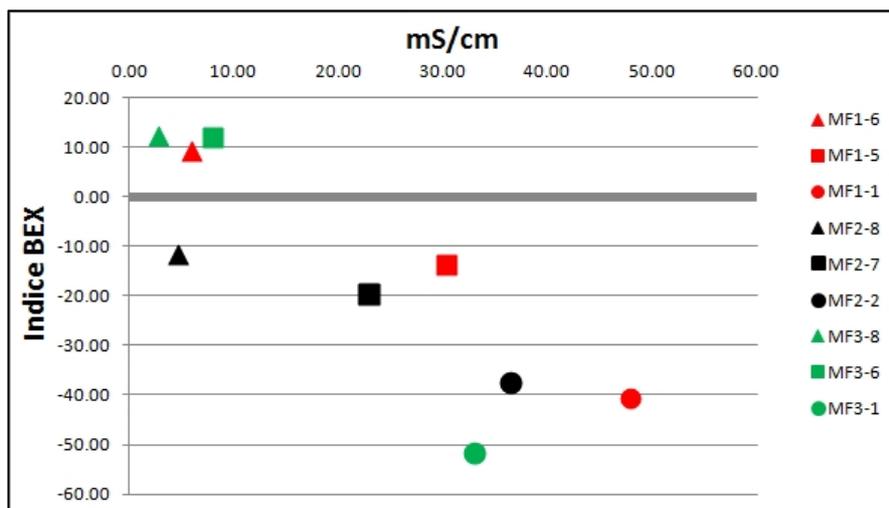


Figura 6.14 – Indice BEX (BEX index Stuyfzand, 2008) Vs. Conducibilità elettrica (mS/cm).

6.3.3 Agosto 2011

Il giorno 04/08/2011 è stato eseguito un terzo campionamento, di seguito in Tabella 6.4 sono riportati i dati ottenuti. Dai grafici in Figura 6.15 è possibile vedere lo stesso andamento riscontrato nei mesi precedenti, soprattutto al monitoraggio del mese di ottobre 2010, dove è presente il dato della superficie della tavola d'acqua. In Figura 6.15 (a), dove è riportato il grafico riguardante l'MF 1, si nota come il cambiamento della conducibilità elettrica in falda avvenga in maniera meno rapida rispetto al mese di ottobre 2010 (Figura 6.10 (a)), ma presentando ugualmente un valore (MF 1_filtro 5. Tabella 6.4) perfettamente in linea sulla retta del grafico in Figura 6.15 (a). Il grafico di Figura 6.15 (b) presenta un dato altalenante nella parte bassa del grafico in corrispondenza di valori a conducibilità elettrica più elevati. Infine il grafico di Figura 6.15 (c) si presenta sostanzialmente uguale al grafico rilevato nel mese di Ottobre 2010 (Figura 6.10 (c)).

N° filtro	MF 1			MF 2			MF 3		
	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C	Quota m.s.l.m.	mS/c	°C	Quota m.s.l.m.	mS/cm	°C
Trivellat		0.35							
8				-0.619	4.66	10.3	-1.16	2.87	9.7
7				-1.119	22.98	12.0	-1.66	4.55	10.3
6	-0.843	1.4	22.2	-1.619	34.32	11.8	-2.16	8.05	12.5
5	-1.343	14.09	26.6	-2.119	36.61	12.0	-2.66		
4	-1.843			-2.619	35.46	11.6	-3.16	26.84	13.4
3	-2.343	45.3	27.1	-3.119	35.6	12.5	-3.66	30.69	13.4
2	-2.843	46.5	23.4	-3.619	36.51	12.5	-4.16	33.64	13.1
1	-3.343	47.7	22.7	-4.119	38.13	12.6	-4.66	33.02	12.8

Tabella 6.4 – Dati rilevati nel mese di Agosto 2011

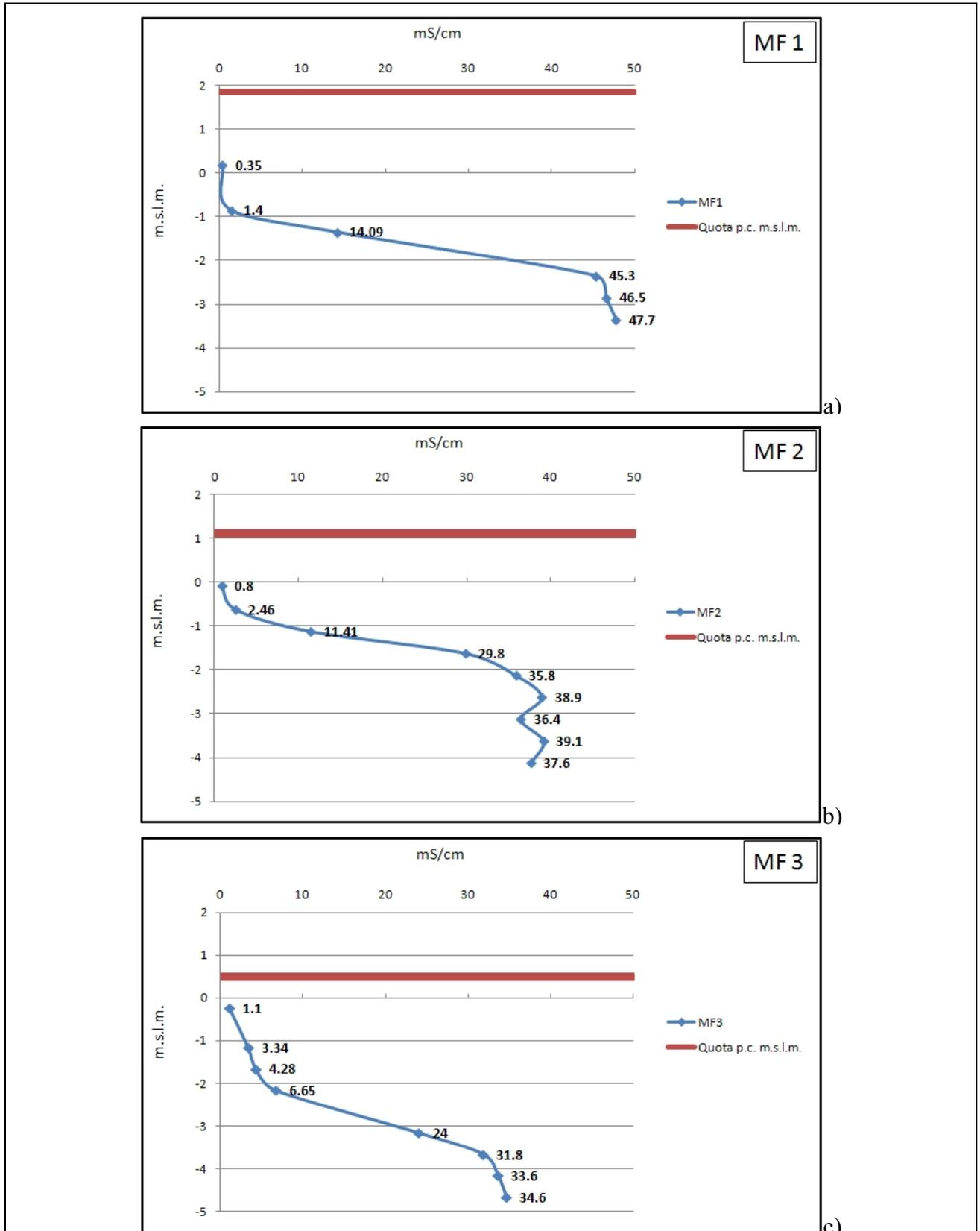


Figura 6.15 - Profili di conducibilità elettrica vs profondità Agosto 2010. (a) MF 1. (b) MF 2. (c) MF 3.

6.4 *Risultati e discussione*

Uno dei risultati più importanti ottenuti da questa parte del lavoro è sicuramente l'applicazione della metodologia del sistema a minifiltri nella nostra area di studio con prototipi da noi stessi sviluppati, riuscendo a costruire 3 sistemi a minifiltri e a metterli in opera in campo implementando così un transetto sperimentale che ha dato ottimi risultati per quanto riguarda l'analisi dei parametri fisici e di quelli chimici delle acque. Dai grafici illustrati nei sottoparagrafi precedenti (6.3.1, 6.3.2 e 6.3.3) si è visto come la conducibilità elettrica, e quindi la salinità, è mappabile con una precisione ed una certezza molto alta, che con i metodi utilizzati fino a questo momento (Paragrafo 4.3) non è stato possibile raggiungere. Molto interessante è notare come si sia potuto rilevare in modo molto preciso la variazione della conducibilità elettrica a seconda della distanza dal mare, infatti, nei grafici relativi all'MF 1 (Figura 6.10 (a), Figura 6.11 (a) e Figura 6.15 (a)), il passaggio da una conducibilità elettrica molto bassa ad una molto elevata avviene in uno spazio minore ad 1,00 m di profondità. Invece, osservando i dati ottenuti dall'MF 3 (Figura 6.10 (c), Figura 6.11 (c) e Figura 6.15 (c)), il passaggio da una conducibilità elettrica molto bassa ad una molto elevata avviene in maniera più lenta, in uno spazio maggiore (pari a circa 2,00 m) rispetto all'MF 1. I grafici riguardanti l'MF 2 (Figura 6.10 (b), Figura 6.11 (b) e Figura 6.15 (b)), mostrano un risultato intermedio tra i due appena descritti. Anche i risultati ottenuti dalla campagna di Dicembre 2010, attraverso le analisi chimiche effettuate su 9 campioni, tre per ogni sistema minifiltri operante, è confortato il risultato osservato con i dati di conducibilità elettrica. Infatti, dai diagrammi ternari di Figura 6.12 risulta che le acque presenti in falda presentano molto chiaramente contaminazioni con acque di provenienza marina, com'era normale aspettarsi visti i luoghi dei prelievi, ad eccezione del campione prelevato nel filtro n°8 del sistema MF 3 (Figura 6.12 (c)) che ricade nella facies bicarbonato alcalina del diagramma e può indicare degli scambi ionici Na-Ca dell'acqua con la matrice. Dall'analisi dell'indice BEX (Figura 6.14) risultano tre campioni che mostrano un trend di dolcificazione delle acque dell'acquifero, uno nel punto più vicino al mare (MF 1-8) e due nel punto più lontano (MF 3-8 e MF 3-6). Tutti gli altri campioni mostrano un trend di salinizzazione. I trend di dolcificazione e salinizzazione sono correlabili con i valori di conducibilità elettrica misurata, ad eccezione del campione MF 2-8 che mostra un trend di salinizzazione e una conducibilità

elettrica bassa. I grafici in Figura 6.13 mostrano i campioni analizzati che si allineano molto bene sulla linea teorica tra acqua di mare e lo 0.

6.5 Conclusioni

Dallo studio e dalla costruzione dei primi tre prototipi di minifiltri messi in opera si è constatato che essi lavorano molto bene in acquiferi con delle caratteristiche simili al nostro. I dati osservati, infatti, riescono a descrivere i cambiamenti che avvengono all'interno delle acque di falda in modo molto accurato e preciso rispetto ai metodi noti, descritti nel paragrafo 4.3. Infatti, si è visto che la tipologia di acqua (dolce-salmastra-salata) all'interno della falda, può cambiare in spazi verticali anche molto piccoli (Figura 6.10, Figura 6.11 e Figura 6.15). Un rilievo effettuato con il sistema a minifiltri riesce a dare la possibilità di campionare anche con intervalli molto ridotti, e la sicurezza di monitorare un campione di acqua che è prelevato con certezza alla quota relativa al filtro in questione e con una bassa probabilità di inquinamento con acque provenienti da altre zone dell'acquifero. Osservando i dati ottenuti dai monitoraggi sull'acqua di falda (Figura 6.10, Figura 6.11 e Figura 6.15) si nota come la variazione della conducibilità elettrica varia in modo diverso con la profondità e seconda della distanza dal mare del punto di osservazione. Quindi, abbiamo una zona di mixing con spessore minore in prossimità della costa, e uno spessore maggiore allontanandosi da essa. Questi dati potrebbero provare un controllo del mare meno incisivo, sulla distribuzione della salinità all'interno dell'acquifero, quanto più ci si allontana dalla riva. I dati chimici ottenuti con la campagna di Dicembre 2010 (sottoparagrafo 6.3.2) indicano in quasi tutti i campioni una miscelazione di acqua dolce ed acqua marina (Figura 6.12) che risulta chiaramente dai grafici Na-Cl e K-Cl (Figura 6.13). L'indice BEX correlato con la conducibilità elettrica, ci mostra i campioni profondi di acqua salata ed acqua salmastra con processi di salinizzazione in atto, mentre i campioni più superficiali di acqua dolce con processi di dolcificazione, ad eccezione del punto MF 2-8 distante 100 m dalla linea di costa che presenta un processo di salinizzazione, comunque inferiore rispetto agli altri campioni che hanno una conducibilità elettrica maggiore prelevati nello stesso sistema a minifiltri. Questo fenomeno è spiegabile con la differente vegetazione che abbiamo nei vari punti:

6 Sperimentazione della metodologia di monitoraggio attraverso i minifiltri

- MF 1 = situato nel retro duna in assenza di vegetazione
- MF 2 = situato in pineta con vegetazione arborea decennale con alberi di media taglia
- MF 3 = situato in pineta con vegetazione arborea recente con alberi di piccola taglia

La vegetazione, infatti, può influire a seconda della necessità di acqua di cui hanno bisogno gli alberi per il ciclo vitale.

Gli usi fatti finora dei dati ottenuti sono molto pochi ma promettenti, infatti, dati ottenibili in poco tempo e con una buona precisione spaziale potrebbero prestarsi, ad esempio, anche a correlazioni con i dati di marea eseguendo più prelievi in un tempo ristretto in modo da correlare i cambiamenti delle differenti tipologie di acqua all'interno dell'acquifero con i cambiamenti del livello marino. In conclusione possiamo affermare che i risultati ottenuti dalla sperimentazione della metodologia dei minifiltri ha dato i risultati sperati, per quanto riguarda il funzionamento del sistema. Nel prossimo futuro si vuole proseguire con l'implementazione dei minifiltri arrivando a profondità maggiori e coprendo aree più vaste.

7 Conclusioni

L'acquifero costiero, oggetto di studio in questo lavoro, presenta nel complesso una falda molto salinizzata. Dalla ricostruzione litologica (Capitolo 3) risulta, un acquifero suddiviso in due parti, una più superficiale freatica e con spessori maggiori, e una profonda semiconfinata, con spessori minori rispetto alla prima, a dividere nella successione verticale i due corpi sabbiosi vi è la presenza di depositi a permeabilità minore composti da limi, argille e sabbie fini (depositi di prodelta). Nella parte più meridionale dell'acquifero vi è la scomparsa dei depositi a permeabilità minore e l'acquifero diventa un corpo unico con spessori maggiori rispetto ai precedenti. A grande scala, i depositi superficiali si presentano come delle fasce con direzione N-S di depositi sabbiosi e di depositi argillosi. A piccola scala, invece, i depositi superficiali si presentano eterogenei in quanto si possono trovare delle lenti sabbiose in depositi argillosi e viceversa. I depositi argillosi possono talvolta confinare l'acquifero superficiale.

La distribuzione delle varie tipologie di acque (salata/salmastra/dolce) all'interno della falda si presenta in modo non uniforme. L'acqua dolce è concentrata in punti circoscritti dell'area in modo da formare delle lenti che "galleggiano" sull'acqua salmastra sottostante. La presenza di acqua dolce al *top* della falda è discontinua e fortemente influenzata dalla geologia dell'acquifero dalle opere antropiche e dalla stagionalità delle precipitazioni. Le lenti di acqua dolce si trovano quasi esclusivamente in corrispondenza di depositi superficiali ad alta permeabilità (sabbie) e lontano dai canali di bonifica e dai laghi di cava (Paragrafo 3.2), le lenti hanno uno spessore che va dai 0,10 m ai 2,00 m. Lo spessore della zona di mescolamento, invece, ha una maggiore regolarità, rispetto alla distribuzione dell'acqua dolce, presentando piccoli spessori in prossimità della linea di riva e spessori maggiori lontano da essa. S'ipotizza, quindi, un controllo diretto sulla presenza di acqua dolce da parte dei vari fattori che influenzano le dinamiche dell'acquifero (precipitazioni, depositi superficiali, opere antropiche, elevazione), e un controllo indiretto sullo spessore della zona di mescolamento. Lo spessore delle lenti di acqua dolce al *top* della falda è correlabile anche con il regime pluviometrico presente nel periodo in cui è stato effettuato il rilievo, presentando una stagionalità nella presenza e spessore dell'acqua dolce nella parte più superficiale dell'acquifero. In accordo con la legge di Ghijben-Herzberg (Badon-Ghijben, 1888; Herzberg, 1901), si è visto che la presenza di uno spessore di acqua dolce superficiale favorisce la presenza di grandi spessori della zona di mescolamento. Inoltre, si è visto come l'elevazione della tavola d'acqua, sia nel mese di

Giugno che nel mese di Dicembre 2010, è di poco al di sopra o al di sotto del livello medio marino. In particolare, dall'analisi dei risultati ottenuti possiamo affermare che la quota della tavola d'acqua è indipendente dalla quantità di pioggia (Figura 4.9), anche se questo dato è in disaccordo con il ciclo normale delle precipitazioni nell'arco dell'anno, il quale farebbe supporre una profondità minore nei mesi invernali e una profondità maggiore nei mesi estivi. Questo fenomeno può essere imputato ad una maggiore attività del drenaggio meccanico nei mesi invernali per contrastare l'azione delle piogge, anzi maggiori piogge significano maggior drenaggio con conseguente pompaggio a mare delle acque meteoriche. L'influenza del pompaggio meccanico è maggiormente evidente nelle aree evidenziate in Figura 4.9, dove il fenomeno descritto è dovuto molto probabilmente alla presenza di un'importante canale di scolo (Fosso Ghiaia) e di un'idrovora molto attiva (idrovora di Fosso Ghiaia) in entrambi i periodi (Tabella 4.1).

Dall'analisi ed interpretazione dei risultati, ottenuti con il supporto della modellistica numerica (Capitolo 5), dopo una simulazione di 7300 giorni, si possono fare considerazioni riguardo alla differenza tra i due tipi di modelli fatti girare con il software SEAWAT 2000.

- Dal primo modello (Figura 5.6), con una concentrazione salina iniziale di 0 mg/l, risulta che le due masse d'acqua a differente densità sono sostanzialmente in equilibrio, presentando un movimento delle acque nella zona di contatto molto modesto, e cioè di poche centinaia di metri.
- Il secondo modello, con una concentrazione iniziale di 34000 mg/l, presenta un aspetto finale delle sezioni (Figura 5.11 e Figura 5.13), dopo una simulazione di 7300 giorni, molto simile allo stato di salinizzazione attuale delle acque di falda, dedotto dallo studio con analisi dirette e indirette e dalla letteratura (Giambastiani B.M.S. 2007, Giambastiani et al 2007, Antonellini et al.2008, Marconi V et al. 2008, Laghi M et al 2010, Marconi V. 2011). Infatti, l'acqua dolce ha una distribuzione discontinua, a lenti, al top della tavola d'acqua mostrando inoltre un'approfondirsi della zona a salinità intermedia tra acqua dolce ed acqua salata (zona di mescolamento) in presenza di acqua dolce in superficie.

In definitiva, dopo una simulazione di 7300 giorni, una concentrazione iniziale di 0 mg/l non riesce a spiegare lo stato di infiltrazione salina rilevata in falda ad oggi. Un modello che ipotizza acqua con una concentrazione salina di 34000 mg/l, presente in falda fin dalla formazione dell'acquifero dalla trasgressione post Flandriana ma soprattutto in seguito all'evoluzione della linea di costa che ha subito un rapidissimo avanzamento in tempi storici, da risultati che sono molto più vicini alla

realtà. Altro dato molto interessante che si ricava, è il disturbo che arrecano i canali di drenaggio alla dinamica di ricarica dell'acquifero, infatti, si nota (Figura 5.13) come nelle vicinanze e nella cella in cui è presente, non c'è acqua dolce in falda. Inoltre, i canali di drenaggio fungono da via preferenziale per le acque salate profonde presenti in falda (Figura 5.14) spinte verso l'alto dall'acqua dolce che si infiltra nelle aree limitrofe.

Dallo studio e dalla costruzione dei primi tre prototipi di minifiltri messi in opera, si è constatato che essi lavorano molto bene in acquiferi con delle caratteristiche simili al nostro. I dati osservati, infatti, riescono a descrivere i cambiamenti che avvengono all'interno delle acque di falda in modo molto accurato e preciso rispetto ai metodi noti, descritti nel paragrafo 4.3. Infatti, si è visto che la tipologia di acqua (dolce-salmastra-salata) all'interno della falda, può cambiare in spazi verticali anche molto piccoli (Figura 6.10, Figura 6.11 e Figura 6.15). Un rilievo effettuato con il sistema a minifiltri riesce a dare la possibilità di campionare anche con intervalli molto ridotti, e la sicurezza di monitorare un campione di acqua che è prelevato con certezza alla quota relativa al filtro in questione e con una bassa probabilità di inquinamento con acque provenienti da altre zone dell'acquifero. I dati chimici ottenuti con la campagna di Dicembre 2010 (sottoparagrafo 6.3.2) indicano in quasi tutti i campioni una miscelazione di acqua dolce ed acqua marina (Figura 6.12) che risulta chiaramente dai grafici Na-Cl e K-Cl (Figura 6.13). Dall'analisi dell'indice BEX (Stuyfzand 2008) (Figura 6.14) risultano tre campioni che mostrano un trend di dolciificazione delle acque dell'acquifero, uno nel punto più vicino al mare (MF 1-8) e due nel punto più lontano (MF 3-8 e MF 3-6). Tutti gli altri campioni mostrano un trend di salinizzazione. I trend di dolciificazione e salinizzazione sono correlabili con i valori di conducibilità elettrica misurata, ad eccezione del campione MF 2-8 che mostra un trend di salinizzazione e una conducibilità elettrica bassa. Questo fenomeno è spiegabile con la differente vegetazione che abbiamo nei vari punti:

- MF 1 = situato nel retro duna in assenza di vegetazione
- MF 2 = situato in pineta con vegetazione arborea decennale con alberi di media taglia
- MF 3 = situato in pineta con vegetazione arborea recente ed alberi di piccola taglia

La vegetazione, infatti, può influire negativamente o positivamente a seconda della quantità di acqua di cui hanno bisogno gli alberi per il ciclo vitale. Oppure come influenza dello spray marino che si accumula maggiormente su una vegetazione sviluppata, e viene rilasciata ad opera del dilavamento delle piogge.

In definitiva la risorsa idrica che rappresenta l'acquifero costiero ravennate è molto importante poiché è l'acqua con cui si interfaccia l'intero ecosistema presente nell'area. La salute delle acque sotterranee va quindi salvaguardata ricevendo attenzioni sempre maggiori dalle autorità preposte alla gestione del territorio. Si spera che questo studio fornisca nuovi elementi conoscitivi utili ad intervenire in modo più facile ed efficiente alla tutela e salvaguardia della risorsa acqua.

8 Bibliografia

Adams J.B., Bate G.C., (1995). *Ecological implications of tolerance of salinity and inundation by *Spartina maritima**. *Aqua. Bot.* 52, 183–191.

Adepelumi A.A. - B. D. Ako - T. R. Ajayi - O. Afolabi - E. J. Omotoso (2009) *Delineation of saltwater intrusion into the freshwater aquifer of Lekki Peninsula, Lagos, Nigeria*; *Environ Geol* (2009) 56:927–933 DOI 10.1007/s00254-008-1194-3

Amorosi A, Colalongo ML, Pasini G, Preti D. (1999). *Sedimentary response to late Quaternary sea-level changes in the Roamagna coastal plain (Northern Italy)*: *Sedimentology* 46 : 99–121.

Amorosi A, Milli S. (2001). *Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic successions*: *Sedimentary geology* 144 : 357-375

Amorosi A., Asioli A., Bondesan M., Cibin U., Colalongo M. L., Correggiari A., Pasini G., Preti D., Roveri M., Sarti G., Severi P., Stefani M., Trincardi F., Vaiani S. C., Vincenzi S. (2002) *Dalle conoidi pedemontane al mare aperto: architettura stratigrafica tardo-quadernaria dell'Adriatico settentrionale e della pianura costiera emiliano-romagnola*. *Le pianure: conoscenza e salvaguardia. Il contributo delle Scienze della Terra*, Ferrara.

Amorosi A, Colalongo ML, Fiorini F, Fusco F, Pasini G, Vaiani SC, Sarti G. (2004). *Palaeogeographic and palaeoclimatic evolution of the Po Plain from 150-ky core records: Global and planetary change* 40 : 55-78.

Amorosi A, Centineo MC, Colalongo ML, Fiorini F. (2005). *Millennial-scale depositional cycles from the Holocene of the Po plain, Italy*. *Marine geology* 222-223 : 7-18.

Andersen PF, Mercer JW, White HO (1988) *Numerical modeling of saltwater intrusion at Hallandale, Florida*. Ground Water 26:619–630, 23(2):293–312

Anderson WP Jr, Evans DG, Snyder SW. (2000). *The effects of Holocene barrier-island evolution on water-table elevation: Hatteras Island North Carolina, USA*.: Hydrogeology journal 8 : 390-404

Antonellini M, Mollena P, Giambastini B, Bishop K, Caruso L, Minchio A, Pellegrini L, Sabia M, Ulazzi E, Gabbianelli G. (2008). *Salt water intrusion in the coastal aquifer of southern Po Plain, Italy*: Hydrogeology journal 16 : 1541–1556, DOI 10.1007/s10040-008- 0319-9

Antonellini M and Mollema P. (2009). *Relationship between groundwater salinity and biodiversity in the coastal Pine forests of Ravenna, Italy*. Proceedings of Hydro-eco 2009, Vienna Austria, 2nd International Conference on Hydrology and Ecology: Ecosystems interacting with groundwater and surface water

Antonellini M. and Mollema P. N. (2010a). *Impact of groundwater salinity on vegetation species richness in the coastal pine forests and wetlands of Ravenna, Italy*. Ecological Engineering, 36, 1201–1211.

Antonellini M., Balugani E., Gabbianelli G., Laghi M., Marconi V., and Mollema P. (2010b). *Lenti d'acqua dolce nelle dune della costa Adriatico-Romagnola*. Studi costieri, 17, 83-104.

Appelo C.A.J., Postma J (2005) *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema, Leiden, pp 649

Arpa Regione Emilia Romagna (2010) <http://dexter-smr.arpa.emr.it/Dexter>

Badon Ghijben W (1888) *Nota in verband met de voorgenomen putboring nabij Amsterdam* [Notes on the probable results of a well drilling near Amsterdam]. Tijdschrift Koninklijk Instituut 1988/1989:8–22

Balugani E., Antonellini M. (2010) *Measuring salinity within shallow piezometers: comparison of two field methods*. Journal of water resource and protection 2 : 251-258.

Barrocu G, Muscas L, Sciabica MG (2001) *GIS and modeling for studying saltwater intrusion in the Capoterra Alluvial plain (Sardinia, Italy)*. Proc. SWICA-M3, Essaouira, Morocco, April 2001

Barrocu G (2003) *Seawater intrusion in the coastal aquifers of Italy*. In: Calaferra J (ed) *State of seawater intrusion in coastal aquifers of the Mediterranean Coast*. SWIM-SWICA, Alicante, Spain

Bau' D, Gambolati G, Teatini P (2000) *Residual land settlement near abandoned gas fields raises concern over Northern Adriatic coastland*. EOS Trans Am Geophys Union 81:245–249

Bear J., Cheng A.H.D., Sorek S., Ouazar D., Herrera I., 1999. *Theory and applications of transport in porous media – Seawater Intrusion in Coastal Aquifers – Concepts, Methods and Practices*. Kluwer Academic Publisher, 625 pp.

Bondesan M, Favero V, Vignals MJ. (1995a). *New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene*: Quat Int 29/30 : 105–110

Bondesan M, Castiglioni GB, Elmi C, Gabbianelli G, Marocco R, Pirazzoli PA, Tomasin A. (1995b). *Coastal areas at risk from storm surges and sea level rise in north-eastern Italy*: Journal of Coastal Research 11 : 1354–1379.

Bulter D. K. (2005) *Near-surface Geophysics, SEG Investigations in geophysics*; Series n°13 Society of Exploration Geophysicists, Tulsa; pag. 46

Burger H. Robert (1992), *Exploration geophysics of the shallow subsurface*. Prentice Hall 1992 pagg. 291-295

Burger Douglas C., and Burger H. Robert, (1992) *Macintosh Computer Programs to accompany Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*. Prentice-Hall, 9 Macintosh computer programs and 48 spreadsheet templates.

Capaccioni B, Didero M, Paletta C, Didero L (2005) *Saline intrusion and refreshing in a multilayer coastal aquifer in the Catania Plain (Sicily, southern Italy): dynamics of degradation processes according to the hydrochemical characteristics of groundwater*. J Hydrol 307:1–16

Carbognin L., Gatto P., Mozzi G., (1984). *Case history no. 9.15: Ravenna, Italy*. Poland JF (ed) Guidebook to studies of land subsidence due to ground-water withdrawal. UNESCO, Paris, 291-305.

Carbognin Laura e Tosi Luigi (2003) *Il progetto ises per l'analisi dei processi di intrusione salina e subsidenza nei territori meridionali delle province di padova e venezia*; Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Consiglio Nazionale delle Ricerche Venezia; ISES 2003 pagg. 32 - 36

Carminati E., Martinelli G. (2002). *Subsidence rates in the Po Plain, northern Italy: the relative impact of natural and anthropogenic causation*. Engineering Geology n.66, 241 – 255

Cau P, Lecca G, Muscas, Barrocu G, Uras G (2002) *Saltwater intrusion in the plain of Oristano (Sardinia)*, 17th Salt Water Intrusion Meeting, Delft, The Netherlands, 6–10 May 2002, pp 435–444

Celico P. (1986) *Prospezioni Idrogeologiche*. Vol I, Liguori editore, V° ristampa 1998 pag 243

Cerbini G., Gorla M., (2004) *Idrogeologia applicata – Principi, metodi e misure*. Edizioni Geograph, Segrate.

Cheng Alexander H.-D., Leonard F. Konikow and Driss Ouazar (2001) *Special Issue of Transport in Porous Media on 'Seawater Intrusion in Coastal Aquifers*. *Transport in Porous Media* 43: 1–2, 2001.

Cherry J.A., Gillham R.W., Anderson E.G. and Johnson P.E., (1983), *'Migration of Contaminants in Groundwater at a Landfill: A Case Study - 2. Groundwater Monitoring Devices'*, *Journal of Hydrology*, v. 63, pp 31-49.

Ciabatti M. (1968), *Gli antichi delta del Po anteriori al 1600*. In: *Atti del convegno internazionale di studi sulle antichità di Classe- Ravenna, 14-17 ottobre 1967*; Faenza, 23-33

Cimino A. - C. Cosentino - A. Oieni - L. Tranchina (2007) *A geophysical and geochemical approach for seawater intrusion assessment in the Acquedolci coastal aquifer (Northern Sicily)*. *Environ Geol* (2008) 55:1473–1482

Comune di Ravenna, (2006). *Piano Territoriale del Parco Regionale del Delta del Po - Stazione: Pineta di San Vitale e Piallasse di Ravenna*. Comune di Ravenna, Servizio Ambiente ed Aree Verdi.

Collins WH, Easley DH. (1999). *Freshwater Lens Formation in an unconfined barrier island aquifer*. Journal Am. Water Resour. Assoc., 35 : 1–2

Correggiari A, Roveri M, Trincardi F. (1996). *Late-Pleistocene and Holocene evolution of the north Adriatic sea. Late-Glacial and early Holocene climatic and environmental changes in Italy*: Il Quaternario: Italian Journal of Quaternary Sciences 9 : 697–704.

Consorzio di bonifica della Romagna (2011) Per gentile concessione, dati sull'attività dell'idrovore di Ravenna.

De Breuck W. (1991). *Hydrogeology of Salt Water Intrusion*. Vol. 11 of International contributions to Hydrogeology. Verlag Heinz Heise, Hannover, Germany

De Luca A, Preziosi E, Giuliano G, Mastroianni D, Falconi F (2005). *First evaluation of the saltwater intrusion in the Tiber delta area (Rome, central Italy)*. 18th Salt Water Intrusion Meeting, Cartagena, Spain, 31 May–3 June 2004, 34 pp

Davis G.B. and Barber C., (1994). *'Monitoring and Sampling Methods'*, Chapter 19 in CSIRO Groundwater School Notes, 12th Groundwater School, July 1993, Adelaide.

Dillon P. (2005). Future management of aquifer recharge: *Hydrogeology journal* 13 : 313-316, DOI 10.1007/s10040-004-0413-6.

ESRI, 2000. *Using 3D Analyst, Using ArcMap; Editing in ArcMap; Using ArcCatalog*. Manuali tecnici.

Fabbri P., Missiroli A., (1998). *Le pinete ravennati – Storia di un bosco e di una città*. Longo Editore, Ravenna, 382 pp.

Fetter CW. (1972). *Position of the saline water interface beneath oceanic islands*: Water Resour Res 8 : 1307–1315

Fetter C.W., (2001). *Applied Hydrogeology*. Ed. Prentice Hall, Fourth Edition

Gambetti D., (1994). *Le pinete ravennati dal 1500 ad oggi: variazioni delle superfici e trasformazioni del paesaggio forestale*. Storia urbana, 66, 27-72.

Gambolati G., Teatini P., (1998). *Numerical analysis of land subsidence due to natural compaction of the Upper Adriatic Sea basin*. Gambolati g. (ed) CENAS, Coastal evolution of the upper Adriatic sea due to sea level rise and natural and anthropogenic land subsidence. Kluwer Academic Publishing, Water Science & Technology Library n. 28, 103-131.

Gambolati G., Ricceri G., Bertoni W., Brighenti G., Vuillermin E. (1991). *Mathematical simulation of the subsidence of Ravenna*. Water Resour. Res. 27, 2899–2918.

Giambastiani B.M.S. (2007). *Evoluzione idrologica ed idrogeologica della pineta di San Vitale (Ravenna)*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Scienze Ambientali, XIX Ciclo, Università di Bologna.

Giambastiani B.M.S., Antonellini M, Oude Essink GHP, Stuurman RJ. (2007). Salt water intrusion in the unconfined coastal aquifer of Ravenna (Italy): a numerical model: *Journal of Hydrology* 340 : 94-104.

Giambastiani B.M.S., Mollema P.N., Antonellini M., (2009). *Groundwater Management in the Northern Adriatic Coast (Ravenna, Italy): New Strategies to Protect the Coastal Aquifer From Saltwater Intrusion*. In: Groundwater: Modelling, Management and Contamination. Authors: König L.F. and Weiss J.L.; Nova Publishers.p. 167-193.

Gualbert H.P. Oude E. (2001) *Salt Water Intrusion in a Three-dimensional Groundwater System in The Netherlands: A Numerical Study*. Transport in Porous Media 43: 137–158, 2001. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.2001

Guo W, Bennett GD (1998). *Simulation of saline fresh water flows using MODFLOW*. In: Proceedings of MODFLOW '98 conference at the International Ground Water Modeling Center, Golden, Colorado, vol 1, pp 267–274

Hamzah Umar- Abdul Rahim Samsudin-Edna Pilis Malim (2006). *Groundwater investigation in Kuala Selangor using vertical electrical sounding (VES) surveys*. Environ Geol (2007) 51:1349–1359

Harbaugh AW, Banta ER, Hill MC, McDonald MG (2000). *MODFLOW-2000, the US Geological Survey modular groundwater model—user guide to modularization concepts and the ground-water flow process*. US Geological Survey Open-File Report 00-92

Harris WH. (1967). *Stratification of fresh and saltwater on barrier islands as a result of differences in sediment permeability*. Water Resour. Res. 3 : 89–97

Herzberg A (1901). *Die Wasserversorgung einiger Nordseebaeder [The water supply of selected North Sea towns]*. Z F Gasbeleucht Wasserversorg 44:815–844

Hubbert MK (1940). *The theory of ground-water motion*. J Geol 48:785–944

Kallioras Andreas & Pliakas Fotios & Diamantis Ioannis (2009). *Simulation of Groundwater Flow in a Sedimentary Aquifer System Subjected to Overexploitation*. Water Air Soil Pollut (2010) 211:177–201, DOI 10.1007/s11270-009-0291-6

Keely J.F. and Boateng K., (1987), *'Monitoring Well Installation, Purging, and Sampling Techniques - Part 1: Conceptualisations'*. Ground Water, v. 25, pp 300-313.

Kunetz G (1966). *Principles of direct current resistivity prospecting*. Geoexploration monographs, Gebruder-Borntraeger, Berlin. 103 pp

Laghi M, Antonellini M, Minchio A., Stecchi F. (2009). *The salt water encroachment along the Lamone river artificial estuary: an issue for the coastal management in the Southern Po Plain Adriatic Coast (Italy)*: Geophysical Research Abstracts 11 : EGU2009-9583

Laghi Mario (2010). L'interazione tra acque fluviali superficiali e acque sotterranee in zona costiera: Il sistema dell'estuario del Fiume Lamone. Dottorato di ricerca in Scienze ambientali: tutela e gestione delle risorse naturali, Ciclo XXII. Università di Bologna

Laghi Mario, Mollema Pauline and Antonellini Marco (2010). *The influence of river bottom topography on salt water encroachment along the Lamone River (Ravenna, Italy), and implications for the salinization of the adjacent coastal aquifer*. World Environmental and Water Resources Congress 2010: 1124 Challenges of Change. 2010 ASCE pp 1124-1135

Langevin CD, Guo W (2002). User's guide to SEAWAT, A computer program for simulation of three dimensional variable density groundwater flow. US Geological Survey, Open-File Report 01-434, Tallahassee, Florida

Langevin C. D. (2003). *Simulation of Submarine Ground Water Discharge to a Marine Estuary: Biscayne Bay, Florida*; Vol. 41, No. 6 — GROUND WATER — Novembre –Dicembre 2003 (pagg 758–771)

Lerner D.N. and Teutsch G., 1995, *Recommendations for level-determined sampling in wells*. Journal of Hydrology, v. 171, pp 355-377.

Malfitano A., (2002). *Alle origini della politica di tutela ambientale in Italia. Luigi Rava e la nuova Pineta "storica" di Ravenna*. Storia e Futuro, n.1 aprile 2002, Ed. Apogeo srl, Milano.
Sito internet: <http://www.storiaefuturo.com/arretrati/2002/01/01/002.html>

Marchesini L., Amorosi A., Cibin U, Zuffa G.G., Spadafora E., Preti D. (2000). *Sand composition and sedimentary evolution of a late Quaternary depositional sequence, Northwestern Adriatic Coast, Italy*. Journal of Sedimentary Research 70 (4) : 829–838.

Marconi V; Antonellini M; Laghi M, Minchio A, Savelli D. (2008). *A water table fluctuations model in sandy soil below a coastal pine forest*. Geophysical Researches Abstract 10 : EGU2010-05761

Marconi Valentina (2011). *Effetti della vegetazione e del drenaggio, sull'intrusione salina nell'acquifero freatico costiero della zona compresa fra foce dei fiumi uniti e foce bevano (ravenna)*. Dottorato di ricerca in Scienze ambientali: tutela e gestione delle risorse naturali, Ciclo XXIII. Università di Bologna

Master Plan (2005). *Master Plan della costa del parco del delta del Po Emilia-Romagna*. Consorzio del Parco Regionale del Delta del Po – Maggio 2005

McDonald MG, Harbaugh AW (1988). *A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model*. US Geology Survey Technical Water-Resources Investigation 6- A1

Neilsen D.M. and Yeates G.L., (1985). *'A Comparison of Sampling Mechanisms Available for Small-Diameter Ground Water Monitoring Wells'*. Ground Water Monitoring Review, v.5, pp 83-99.

Pickens J.F., Cherry J.A., Grisak G.E., Merritt W.F. and Risto B.A., (1978). *'A multilevel device for groundwater sampling and piezometric monitoring'*. Ground Water, v. 16, pp 322-327.

Piper A.M. (1944). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis* [M]. Trans. AM Geophys. Union. 25, 914–923.

Piper A.M. (1953). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses* [M]. U.S. Geol. Survey, Groundwater. No. 12.

Post Vea (2005). *Fresh and saline groundwater interaction in coastal aquifers: Is our technology ready for the problems ahead?* Hydrogeol J 13:120–123

Pranzini G (2002). *Groundwater salinization in Versilia (Italy)*. 17th Salt Water Intrusion Meeting, Delft, The Netherlands, 6–10 May 2002, pp 412–421

Preti M., (2000). *Eustatismo, subsidenza e linee di intervento per la difesa del territorio costiero in Emilia-Romagna: Mare e cambiamenti globali*, ICRAM, ARPA – Ingegneria Ambientale, Bologna, 167-179

PROVINCIA DI RAVENNA, (2000), *1° Rapporto sullo stato dell'ambiente nella provincia di Ravenna 2000*. Assessorato Ambiente, Provincia di Ravenna.

Qahman K. Larabi A. (2006). *Evaluation and numerical modeling of seawater intrusion in the Gaza aquifer (Palestine)*. Hydrogeology Journal (2006) 14: 713–728. DOI 10.1007/s10040-005-003-2

REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. Relazione tecnica a cura di Di Dio G. Ed. S.EL.CA. (Firenze)

Regione Emilia-Romagna (a), Sito della cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli, assessorato difesa del suolo e della costa.

https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/apps/usosuolo_212/mapviewer.jsf?width=566&height=657

Regione Emilia-Romagna (b), Sito della cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli, assessorato difesa del suolo e della costa.

http://geo.regione.emilia-romagna.it/sezioni_geo/viewer.htm?Title=Servizio%20Geologico%20Sismico%20e%20dei%20Suoli

Regione Emilia-Romagna (1999), Note illustrative Carta Geologica d'Italia – Scala 1:50000 – Ravenna. A cura di A. Amorosi, Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato Ed., Roma.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, (2003) *Definizione del DMV analisi a livello regionale del criterio messo a punto dall'autorità di bacini del fiume Po e sua caratterizzazione ed eventuale adeguamento*. Relazione Quadro conoscitivo – Attività I

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, (2005). *Piano di tutela delle acque. Relazione generale comprensiva del quadro conoscitivo*. Regione Emilia-Romagna, Arpa – Ingegneria Ambientale.

Rizzini A. (1974). Holocene sedimentary cycle and heavy-mineral distribution, Romagna-Marche coastal plain, Italy: *Sedimentary geology* 11 (1) : 17-37.

Scheidleger A, Grath J, Lindinger H (2004). *Saltwater intrusion due to groundwater over-exploitation EEA inventory throughout Europe*. In: 18th Saltwater Intrusion Meeting, Cartagena, Spain, 31 May–3 June 2004, 125 pp

Schneider JC, Kruse SE. (2005). *Assessing selected natural and anthropogenic impacts on freshwater lens morphology on small barrier Islands: Dog Island and St. George Island, Florida, USA*. *Hydrogeol J* 14 : 131–145.

Scossiroli R. E., (1974). *Influenza di insediamenti industriali sul circostante ambiente naturale – Studio sulla Pineta di San Vitale di Ravenna*. Centro di Studio sull'Ecologia e Genetica Quantitativa, Istituto di Genetica della Università di Bologna. Editrice Compositori, Bologna.

Selli R., Ciabatti M. (1977). *L'abbassamento del suolo della zona litoranea ravennate*. *Giornale di geologia*, 42/1, Bologna: 1-47

Shalev E, Lazar A, Wollman S, Kington S, Yechieli S, Gvirtzman H. (2009). *Biased monitoring of fresh water-salt water mixing zone in coastal aquifers*. *Ground Water* 47 (1): 49-56

Sibson, R. (1981). *"A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation"*. Chapter 2 in *Interpolating multivariate data*, John Wiley & Sons, New York, 1981, pp. 21-36.

Simmons DL. (1986). *Geohydrology and ground-water quality on Shelter Island, Suffolk County, New York, 1983–84*: US Geol. Surv. Water Resour. Invest. Rep. 85-4165.

Stefani M, Vincenzi S. (2005). *The interplay of eustasy, climate and human activity in the late Quaternary depositional evolution and sedimentary architecture of the Po Delta system*. Marine Geology 222-223 : 19-48

Stites W. and Chambers L.W., 1991, 'A Method for Installing Miniature Multilevel Sampling Wells'. Ground Water, v. 29, pp 430-432.

Stuyfzand, P.J. (1983). *Belangrijke foutenbronnen bij bemonstering van grondwater via peil- en minifilters*. H2O 16, 87-94.

Stuyfzand, P.J. (2008). *Base exchange indices as indicators of salinization or freshening of (coastal) aquifers*. Proceedings 20 Salt water Intrusion Meeting: Naples FL USA, 23-27 June 2008.

Sung-Ho Song Æ Jin-Yong Lee Æ Namsik Park (2007). *Use of vertical electrical soundings to delineate seawater intrusion in a coastal area of Byunsan, Korea*. Environ Geol (2007) 52:1207–1219

Teatini P., Ferronato M., Gambolati G., Bertoni W., Gonella M. (2005). *A century of land subsidence in Ravenna, Italy*. Environ. Geol, 47, 831-846.

Teatini P, Ferronato M, Gambolati G, Gonella M (2006). Groundwater pumping and land subsidence in the Emilia-Romagna coastland, Italy: modeling the past occurrence and the future trend. Water Resour Res 42:1–19

Ulazzi Elisa, Antonellini Marco and Gabbianelli Giovanni (2008). *Saltwater Intrusion in a Unconfined Coastal Aquifer: The Case Study of Cervia (North Adriatic Sea, Italy)*. P. Meire et al (eds), Integrated Water Management: Practical Experience and case studies, 295-308

Veggiani A., (1974). *Le ultime vicende geologiche del Ravennate*. Influenza di insediamenti industriali sul circostante ambiente naturale. Studio sulla pineta di S. Vitale di Ravenna. Ed. Compositori, Bologna, 48-58.

Venturini S. (1996). *Dati preliminari sulla stratigrafia e sulla subsidenza naturale nel Quaternario dell'area Ravennate e Veneziana*. T.R., AGIP DIRA/GERA, Marina di Ravenna

Zhang C, Wang PP (1998). MT3DMS, *A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems*. Documentation and user's guide. Departments of Geology and Mathematics, University of Alabama

Zhou X, Chen M, Wan L, Wang J, Ning X (2000). *Numerical simulation of sea water intrusion near Beihai, China*. Environ Geol 40:223–233

Zinoni F, Marletto V, Botarelli L, Alessandrini C, Spisni A. (2004). *Siccità e desertificazione: uno studio nella valle del fiume Lamone*. ARPA Rivista 5 : 38-39

9 Appendici

9.1 Dati litologici raccolti dalle campagne d'installazione della nuova serie di piezometri

Nome	P1N	Nome	P2N	Nome	P3N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-11.4_ Sabbia	0	0-9.3_ Sabbia	0	0-0.7 Sabbia
1		1		1	0.7-2.5 Argilla
2		2		2	2.5-3.7 Limo
3		3		3	3.7-8.5 Sabbia
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	8.5-12 Argilla
9		9	9.3-18_ Limo	9	
10		10		10	
11	11.4-18_ Argilla	11		11	
12		12		12	
13		13			
14		14			
15		15			
16		16			
17		17			
18		18			

Nome	P4N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-9.5 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	9.5-10 Argilla
10	10-13 Sabbia
11	
12	
13	13-29 Argille
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	29-31.10 Sabbia
30	
31	31.10-31.5 Argilla

Nome	P5N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-9.8 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	9.8-12 Argilla
10	
11	
12	

Nome	P6N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-11 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	11-12 Argilla
12	

Nome	P7N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-3.5 Sabbia
1	
2	
3	3.5-3.8 Limo
	3.8-6.4 Sabbia
4	
5	
6	6.4-9.7 Limo
7	
8	
9	9.7-15 Argilla
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Nome	P8N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-11.5 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	11.5-29 Argilla
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	

Nome	P9N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-6 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	10-12 Argilla
11	
12	

Nome	P10N	Nome	P11N	Nome	P12N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.5 Sabbia	0	0-1.2 Sabbia	0	0-1.3 Argilla
1	1.5-1.65 Argilla	1	1.2-5.8 Argilla	1	1.3-11.3 Sabbia
	1.65-6 Sabbia	2		2	
2		3		3	
3		4		4	
4		5	5.8-10 Sabbia	5	
5		6		6	
6	6-9.25 Limo	7		7	
7		8		8	
8		9		9	
9	9.25-21 Argilla	10	10-10.4 Argilla	10	
10		11	10.4-24.8 Limi	11	11.3-27.3 Limo
11		12		12	
12		13		13	
13		14		14	
14		15		15	
15		16		16	
16		17		17	
17		18		18	
18		19		19	
19		20		20	
20		21		21	
21		22		22	
		23		23	
		24	24.8-26 Argilla	24	
		25		25	
		26		26	
				27	27.3-28 Argilla
				28	

Nome	P13N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-9.7 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	9.7-15 Limo
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Nome	P14N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.6 Argilla
1	1.6-3.7 Limo
2	
3	3.7-6.3 Sabbia
4	
5	
6	6.3-9 Limo
7	
8	
9	9-22.7 Argilla
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	22.7-26.2 Sabbia
23	
24	
25	
26	26.2-27 Argilla
27	

Nome	P15N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-0.8 Argilla
	0.8-7 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	7-7.4 Limo
	7.4-17.5 Sabbia
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	17.5-20 Limo
18	
19	
20	

Nome	P16N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-0.8 Argilla
1	0.8-8.6 Sabbia
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	8.6-24.6 Limo
9	12.5-23 Limo
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	23-24 Argilla
24	24.6-27 Argilla
25	
26	
27	

Nome	P17N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-0.8 Argilla
1	0.8-8.6 Sabbia
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	8.6-24.6 Limo
9	12.5-23 Limo
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	23-24 Argilla
24	24.6-27 Argilla
25	
26	
27	

Nome	P18N
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.7 Argilla
1	1.7-12.5 Sabbia
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	12.5-23 Limo
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	23-24 Argilla
24	

Nome	P1S	Nome	P2S	Nome	P3S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-8_Sabbia	0	0-8.2_Sabbia	0	0-0.3_Sabbia
1		1		1	0.3-2.1_Argilla
2		2		2	
3		3		3	2.1-9.4_Sabbia
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8	8-18.6_Argilla	8	8.2-19.5_Argille	8	
9		9		9	9.4-9.8_Argilla
10		10		10	9.8-10.3_Limo
11		11		11	10.3-12_Sabbia
12		12		12	
13		13		12	12-12.1_Argilla
14		14		13	12.1-14_Sabbia
15		15		14	
16		16		13	14-14.7_Limo
17		17		14	14.7-15.3_Sabbia
18	18.6-22_Sabbia	18		15	
19		19	19.5-24.5_Sabbia	16	15.3-16.6_Argilla
20		20		17	16.6-18_Sabbia
21		21		18	
22	22-24.8_Limo	22		18	18-18.4_Argilla
23		23		19	18.4-19_Sabbia
24	24.8-27_Argilla	24	24.5-26.4_Limo	19	19-19.4_Argilla
25		25		20	19.4-22.5_Sabbia
26		26	26.4-28_Argilla	21	
27		27		22	
27		28		22	22.5-24.3_Argilla
				23	
				24	

Nome	P4S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-8.5 Sabbia
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	14.5-15.5 Argilla
15	15.5-22.4 Sabbia
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	22.4-25 Argilla
23	
24	
25	

Nome	P5S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-0.4_ Sabbia
1	
2	
3	3.5-5.2 Limo
4	
5	5.2-6.3 Sabbia
6	6.3-6.5 Limo
	6.5-18.5 Sabbia
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	18.5-24 Limo
19	
20	
21	
22	
23	
24	24-25 Argilla
25	

Nome	P6S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.4_ Argilla
1	1.4-2_ Limo
2	2-15.5_ Sabbia
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	15.5-17.8_ Argilla
16	
17	17.8-19.6_ Limo
18	
19	19.6-21_ Argilla
20	
21	

Nome	P13S	Nome	P14S	Nome	P15S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-3.8 Sabbia	0	0-20 Sabbia	0	0-6.6 Sabbia
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4	3.8-4 Argilla	4		4	
5	4-18.7 Sabbia	5		5	
6		6		6	6.6-6.8 Argilla
7		7		7	6.8-8.4 Sabbia
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	9.7-19 Argilla
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
17		17	18-20 Ghiaia e Sabbia	17	
18	18.7-21 Argilla	19	20-22.3 Sabbia	18	
19		20		19	19-23 Limo
20		21		20	
21		22	22.3-25 Argilla	21	
		23		22	
		24		23	23-24 Argilla
		25		24	

Nome	P16S	Nome	P17S	Nome	P18S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA	PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.3 Sabbia	0	0-1.6 Argilla	0	0-0.9 Sabbia
1	1.3-2.3 Limo	1	1.6-11 Sabbia	1	0.9-2.7 Argilla
2		2		2	2.7-11 Sabbia
3	3.3-10.5 Sabbia	3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10	10.5-12.5 Limo	10		10	
11		11	11-12.2 Argilla	11	11-12.80 Argilla
12	12.5-13 Sabbia	12	12.2-13 Sabbia	12	12.8-13.9 Sabbia
13	13-14.4 Limo	13	13-13.40 Argilla	13	13.9-14.4 Argilla
14	14.4-23 Sabbia	14	13.4-17.8 Sabbia	14	14.4-17.10 Sabbia
15		15		15	
16		16		16	
17		17	17.8-20 Argilla	17	17.1-17.7 Argilla
18		18		18	17.7-20.10 Sabbia
19		19		19	
20		20		20	20.10-23.1 Argilla
21	23-23.5 Argilla	21		21	
22	23.5-24.5 Limo	22		22	
23	24.5-25 Argilla	23		23	23.1-25 Limo
24		24		24	
25		25		25	
		26		26	

Nome	P19S
PROFONDITA' da p.c.(m)	LITOLOGIA
0	0-1.9 Argilla
1	1.9-2.2 Limo
2	2.2-12.7 Sabbia
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	12.7-20 Argilla
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

9.2 Dati V.E.S. utilizzati per la Calibrazione

Calibrazione																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>221.1</td><td>219</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>77.0667</td><td>83.2</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>19.3367</td><td>21.6</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>3.8373</td><td>4.63</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.8464</td><td>1.04</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3253</td><td>0.335</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.2072</td><td>0.170</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0885</td><td>0.122</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.1034</td><td>0.133</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	221.1	219	1.47	77.0667	83.2	2.15	19.3367	21.6	3.16	3.8373	4.63	4.64	0.8464	1.04	6.81	0.3253	0.335	10.0	0.2072	0.170	14.7	0.0885	0.122	21.5	0.1034	0.133	Sogeo_1
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	221.1	219																														
1.47	77.0667	83.2																														
2.15	19.3367	21.6																														
3.16	3.8373	4.63																														
4.64	0.8464	1.04																														
6.81	0.3253	0.335																														
10.0	0.2072	0.170																														
14.7	0.0885	0.122																														
21.5	0.1034	0.133																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>12.17</td><td>10.5</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>8.724</td><td>7.22</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>5.224</td><td>5.06</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>2.637</td><td>2.96</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.4</td><td>1.31</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.6097</td><td>0.467</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.1714</td><td>0.154</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.04524</td><td>0.0442</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01694</td><td>0.0180</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	12.17	10.5	1.47	8.724	7.22	2.15	5.224	5.06	3.16	2.637	2.96	4.64	1.4	1.31	6.81	0.6097	0.467	10.0	0.1714	0.154	14.7	0.04524	0.0442	21.5	0.01694	0.0180	Sogeo_4
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	12.17	10.5																														
1.47	8.724	7.22																														
2.15	5.224	5.06																														
3.16	2.637	2.96																														
4.64	1.4	1.31																														
6.81	0.6097	0.467																														
10.0	0.1714	0.154																														
14.7	0.04524	0.0442																														
21.5	0.01694	0.0180																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>48.18</td><td>37.3</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>8.9103</td><td>8.21</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.44</td><td>1.22</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2444</td><td>0.303</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1423</td><td>0.135</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0635</td><td>0.0625</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.025</td><td>0.0225</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0222</td><td>0.0123</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0124</td><td>0.0203</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	48.18	37.3	1.47	8.9103	8.21	2.15	1.44	1.22	3.16	0.2444	0.303	4.64	0.1423	0.135	6.81	0.0635	0.0625	10.0	0.025	0.0225	14.7	0.0222	0.0123	21.5	0.0124	0.0203	Sogeo_5
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	48.18	37.3																														
1.47	8.9103	8.21																														
2.15	1.44	1.22																														
3.16	0.2444	0.303																														
4.64	0.1423	0.135																														
6.81	0.0635	0.0625																														
10.0	0.025	0.0225																														
14.7	0.0222	0.0123																														
21.5	0.0124	0.0203																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.3967</td><td>7.02</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.3923</td><td>3.65</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.3857</td><td>1.82</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.6601</td><td>0.867</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.2184</td><td>0.344</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0836</td><td>0.102</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0324</td><td>0.0194</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0011</td><td>0.00179</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.3967	7.02	1.47	3.3923	3.65	2.15	1.3857	1.82	3.16	0.6601	0.867	4.64	0.2184	0.344	6.81	0.0836	0.102	10.0	0.0324	0.0194	14.7	0.0011	0.00179	Sogeo_9			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.3967	7.02																														
1.47	3.3923	3.65																														
2.15	1.3857	1.82																														
3.16	0.6601	0.867																														
4.64	0.2184	0.344																														
6.81	0.0836	0.102																														
10.0	0.0324	0.0194																														
14.7	0.0011	0.00179																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>331.8</td><td>281</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>166.3</td><td>144</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>46.86</td><td>48.3</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>7.842</td><td>9.15</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.4484</td><td>0.868</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.06807</td><td>0.0636</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	331.8	281	1.47	166.3	144	2.15	46.86	48.3	3.16	7.842	9.15	4.64	0.4484	0.868	6.81	0.06807	0.0636	Sogeo_10									
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	331.8	281																														
1.47	166.3	144																														
2.15	46.86	48.3																														
3.16	7.842	9.15																														
4.64	0.4484	0.868																														
6.81	0.06807	0.0636																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>338.1667</td><td>301</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>143</td><td>141</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>51.6967</td><td>41.9</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>7.963</td><td>7.21</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.5938</td><td>0.801</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1826</td><td>0.102</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0148</td><td>0.0252</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.011</td><td>0.00972</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	338.1667	301	1.47	143	141	2.15	51.6967	41.9	3.16	7.963	7.21	4.64	0.5938	0.801	6.81	0.1826	0.102	10.0	0.0148	0.0252	14.7	0.011	0.00972	<p>Sogeo_11</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	338.1667	301																														
1.47	143	141																														
2.15	51.6967	41.9																														
3.16	7.963	7.21																														
4.64	0.5938	0.801																														
6.81	0.1826	0.102																														
10.0	0.0148	0.0252																														
14.7	0.011	0.00972																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>338.1667</td><td>344</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>143</td><td>163</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>51.6967</td><td>49.5</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>7.963</td><td>8.90</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.5938</td><td>1.01</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1826</td><td>0.110</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0151</td><td>0.0246</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.011</td><td>0.00973</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	338.1667	344	1.47	143	163	2.15	51.6967	49.5	3.16	7.963	8.90	4.64	0.5938	1.01	6.81	0.1826	0.110	10.0	0.0151	0.0246	14.7	0.011	0.00973	<p>Sogeo_13</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	338.1667	344																														
1.47	143	163																														
2.15	51.6967	49.5																														
3.16	7.963	8.90																														
4.64	0.5938	1.01																														
6.81	0.1826	0.110																														
10.0	0.0151	0.0246																														
14.7	0.011	0.00973																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.8193</td><td>5.06</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.0523</td><td>1.83</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.7436</td><td>0.663</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2702</td><td>0.291</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0958</td><td>0.117</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0466</td><td>0.0408</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0269</td><td>0.0171</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.018</td><td>0.0152</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0128</td><td>0.0207</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.8193	5.06	1.47	2.0523	1.83	2.15	0.7436	0.663	3.16	0.2702	0.291	4.64	0.0958	0.117	6.81	0.0466	0.0408	10.0	0.0269	0.0171	14.7	0.018	0.0152	21.5	0.0128	0.0207	<p>Sogeo_14</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.8193	5.06																														
1.47	2.0523	1.83																														
2.15	0.7436	0.663																														
3.16	0.2702	0.291																														
4.64	0.0958	0.117																														
6.81	0.0466	0.0408																														
10.0	0.0269	0.0171																														
14.7	0.018	0.0152																														
21.5	0.0128	0.0207																														

9.3 Dati V.E.S. utilizzati per il monitoraggio delle acque di falda

Transetto P1P1																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>152.1</td><td>148</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>67.527</td><td>74.4</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>21.367</td><td>25.1</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>4.311</td><td>5.15</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.496</td><td>0.585</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.042</td><td>0.0474</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.016</td><td>0.0163</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.012</td><td>0.0125</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.008</td><td>0.0117</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	152.1	148	1.47	67.527	74.4	2.15	21.367	25.1	3.16	4.311	5.15	4.64	0.496	0.585	6.81	0.042	0.0474	10.0	0.016	0.0163	14.7	0.012	0.0125	21.5	0.008	0.0117	<p>P1P1_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	152.1	148																														
1.47	67.527	74.4																														
2.15	21.367	25.1																														
3.16	4.311	5.15																														
4.64	0.496	0.585																														
6.81	0.042	0.0474																														
10.0	0.016	0.0163																														
14.7	0.012	0.0125																														
21.5	0.008	0.0117																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>7.89</td><td>8.86</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.7</td><td>2.21</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.27</td><td>0.362</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.08</td><td>0.0796</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.04</td><td>0.0520</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.03</td><td>0.0336</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.02</td><td>0.0171</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.00972</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00887</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	7.89	8.86	1.47	1.7	2.21	2.15	0.27	0.362	3.16	0.08	0.0796	4.64	0.04	0.0520	6.81	0.03	0.0336	10.0	0.02	0.0171	14.7	0.01	0.00972	21.5	0.01	0.00887	<p>PIP1_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	7.89	8.86																														
1.47	1.7	2.21																														
2.15	0.27	0.362																														
3.16	0.08	0.0796																														
4.64	0.04	0.0520																														
6.81	0.03	0.0336																														
10.0	0.02	0.0171																														
14.7	0.01	0.00972																														
21.5	0.01	0.00887																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>21.33</td><td>18.6</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>6.86</td><td>5.70</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.25</td><td>1.35</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.17</td><td>0.232</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.05</td><td>0.0683</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.03</td><td>0.0378</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.02</td><td>0.0173</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.0100</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0112</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	21.33	18.6	1.47	6.86	5.70	2.15	1.25	1.35	3.16	0.17	0.232	4.64	0.05	0.0683	6.81	0.03	0.0378	10.0	0.02	0.0173	14.7	0.01	0.0100	21.5	0.01	0.0112	<p>PIP1_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	21.33	18.6																														
1.47	6.86	5.70																														
2.15	1.25	1.35																														
3.16	0.17	0.232																														
4.64	0.05	0.0683																														
6.81	0.03	0.0378																														
10.0	0.02	0.0173																														
14.7	0.01	0.0100																														
21.5	0.01	0.0112																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>16.63</td><td>20.4</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>7.2</td><td>8.81</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.27</td><td>2.96</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.67</td><td>0.740</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.23</td><td>0.239</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1</td><td>0.115</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.04</td><td>0.0431</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.02</td><td>0.0129</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00800</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	16.63	20.4	1.47	7.2	8.81	2.15	2.27	2.96	3.16	0.67	0.740	4.64	0.23	0.239	6.81	0.1	0.115	10.0	0.04	0.0431	14.7	0.02	0.0129	21.5	0.01	0.00800	<p>PIP1_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	16.63	20.4																														
1.47	7.2	8.81																														
2.15	2.27	2.96																														
3.16	0.67	0.740																														
4.64	0.23	0.239																														
6.81	0.1	0.115																														
10.0	0.04	0.0431																														
14.7	0.02	0.0129																														
21.5	0.01	0.00800																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.87</td><td>5.64</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.15</td><td>3.43</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.5</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.66</td><td>0.705</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.3</td><td>0.284</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.11</td><td>0.121</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.04</td><td>0.0454</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.02</td><td>0.0170</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0111</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.87	5.64	1.47	3.15	3.43	2.15	1.5	1.70	3.16	0.66	0.705	4.64	0.3	0.284	6.81	0.11	0.121	10.0	0.04	0.0454	14.7	0.02	0.0170	21.5	0.01	0.0111	<p>PIP1_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.87	5.64																														
1.47	3.15	3.43																														
2.15	1.5	1.70																														
3.16	0.66	0.705																														
4.64	0.3	0.284																														
6.81	0.11	0.121																														
10.0	0.04	0.0454																														
14.7	0.02	0.0170																														
21.5	0.01	0.0111																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>48.32</td><td>59.2</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>27.46</td><td>27.8</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>12.04</td><td>11.4</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>3.88</td><td>4.23</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.11</td><td>1.23</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.31</td><td>0.291</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.08</td><td>0.0809</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.02</td><td>0.0204</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00673</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	48.32	59.2	1.47	27.46	27.8	2.15	12.04	11.4	3.16	3.88	4.23	4.64	1.11	1.23	6.81	0.31	0.291	10.0	0.08	0.0809	14.7	0.02	0.0204	21.5	0.01	0.00673	<p>PIP1_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	48.32	59.2																														
1.47	27.46	27.8																														
2.15	12.04	11.4																														
3.16	3.88	4.23																														
4.64	1.11	1.23																														
6.81	0.31	0.291																														
10.0	0.08	0.0809																														
14.7	0.02	0.0204																														
21.5	0.01	0.00673																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.41</td><td>2.28</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1</td><td>0.900</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.35</td><td>0.347</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.12</td><td>0.164</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.07</td><td>0.0732</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.03</td><td>0.0268</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.02</td><td>0.0128</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.0106</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0105</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.41	2.28	1.47	1	0.900	2.15	0.35	0.347	3.16	0.12	0.164	4.64	0.07	0.0732	6.81	0.03	0.0268	10.0	0.02	0.0128	14.7	0.01	0.0106	21.5	0.01	0.0105	<p>P1P1_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.41	2.28																														
1.47	1	0.900																														
2.15	0.35	0.347																														
3.16	0.12	0.164																														
4.64	0.07	0.0732																														
6.81	0.03	0.0268																														
10.0	0.02	0.0128																														
14.7	0.01	0.0106																														
21.5	0.01	0.0105																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.51</td><td>2.83</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.27</td><td>1.42</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.54</td><td>0.622</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2</td><td>0.228</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.07</td><td>0.0715</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.03</td><td>0.0260</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.02</td><td>0.0141</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.0111</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0106</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.51	2.83	1.47	1.27	1.42	2.15	0.54	0.622	3.16	0.2	0.228	4.64	0.07	0.0715	6.81	0.03	0.0260	10.0	0.02	0.0141	14.7	0.01	0.0111	21.5	0.01	0.0106	<p>P1P1_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.51	2.83																														
1.47	1.27	1.42																														
2.15	0.54	0.622																														
3.16	0.2	0.228																														
4.64	0.07	0.0715																														
6.81	0.03	0.0260																														
10.0	0.02	0.0141																														
14.7	0.01	0.0111																														
21.5	0.01	0.0106																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>47.2</td><td>56.8</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>26.57</td><td>24.0</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>11.83</td><td>11.0</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>4.43</td><td>4.69</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.21</td><td>1.44</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.32</td><td>0.323</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.08</td><td>0.0768</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.02</td><td>0.0202</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0135</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	47.2	56.8	1.47	26.57	24.0	2.15	11.83	11.0	3.16	4.43	4.69	4.64	1.21	1.44	6.81	0.32	0.323	10.0	0.08	0.0768	14.7	0.02	0.0202	21.5	0.01	0.0135	<p>P1P1_9</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	47.2	56.8																														
1.47	26.57	24.0																														
2.15	11.83	11.0																														
3.16	4.43	4.69																														
4.64	1.21	1.44																														
6.81	0.32	0.323																														
10.0	0.08	0.0768																														
14.7	0.02	0.0202																														
21.5	0.01	0.0135																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.05</td><td>4.14</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.43</td><td>2.42</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.14</td><td>1.31</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.58</td><td>0.643</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.22</td><td>0.269</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.07</td><td>0.0935</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.03</td><td>0.0260</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.00868</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00653</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.05	4.14	1.47	2.43	2.42	2.15	1.14	1.31	3.16	0.58	0.643	4.64	0.22	0.269	6.81	0.07	0.0935	10.0	0.03	0.0260	14.7	0.01	0.00868	21.5	0.01	0.00653	<p>P1P1_10</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.05	4.14																														
1.47	2.43	2.42																														
2.15	1.14	1.31																														
3.16	0.58	0.643																														
4.64	0.22	0.269																														
6.81	0.07	0.0935																														
10.0	0.03	0.0260																														
14.7	0.01	0.00868																														
21.5	0.01	0.00653																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.05</td><td>4.14</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.43</td><td>2.42</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.14</td><td>1.31</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.58</td><td>0.643</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.22</td><td>0.269</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.07</td><td>0.0935</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.03</td><td>0.0260</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01</td><td>0.00868</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00653</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.05	4.14	1.47	2.43	2.42	2.15	1.14	1.31	3.16	0.58	0.643	4.64	0.22	0.269	6.81	0.07	0.0935	10.0	0.03	0.0260	14.7	0.01	0.00868	21.5	0.01	0.00653	<p>P1P1_11</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.05	4.14																														
1.47	2.43	2.42																														
2.15	1.14	1.31																														
3.16	0.58	0.643																														
4.64	0.22	0.269																														
6.81	0.07	0.0935																														
10.0	0.03	0.0260																														
14.7	0.01	0.00868																														
21.5	0.01	0.00653																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.87</td><td>3.00</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.92</td><td>2.28</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.29</td><td>1.42</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.86</td><td>0.723</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.52</td><td>0.363</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.28</td><td>0.213</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.13</td><td>0.117</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.04</td><td>0.0448</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0106</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.87	3.00	1.47	1.92	2.28	2.15	1.29	1.42	3.16	0.86	0.723	4.64	0.52	0.363	6.81	0.28	0.213	10.0	0.13	0.117	14.7	0.04	0.0448	21.5	0.01	0.0106	<p>P1P1_12</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.87	3.00																														
1.47	1.92	2.28																														
2.15	1.29	1.42																														
3.16	0.86	0.723																														
4.64	0.52	0.363																														
6.81	0.28	0.213																														
10.0	0.13	0.117																														
14.7	0.04	0.0448																														
21.5	0.01	0.0106																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>43.72</td><td>38.3</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>17.75</td><td>19.5</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>6.41</td><td>7.98</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>2.06</td><td>2.57</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.8</td><td>0.699</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.46</td><td>0.300</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.25</td><td>0.201</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.12</td><td>0.115</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.04</td><td>0.0464</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	43.72	38.3	1.47	17.75	19.5	2.15	6.41	7.98	3.16	2.06	2.57	4.64	0.8	0.699	6.81	0.46	0.300	10.0	0.25	0.201	14.7	0.12	0.115	21.5	0.04	0.0464	<p>P1P1_13</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	43.72	38.3																														
1.47	17.75	19.5																														
2.15	6.41	7.98																														
3.16	2.06	2.57																														
4.64	0.8	0.699																														
6.81	0.46	0.300																														
10.0	0.25	0.201																														
14.7	0.12	0.115																														
21.5	0.04	0.0464																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.77</td><td>5.11</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.28</td><td>3.13</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.35</td><td>1.72</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.81</td><td>0.887</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.46</td><td>0.431</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.2</td><td>0.207</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.09</td><td>0.0903</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.03</td><td>0.0299</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.00990</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.77	5.11	1.47	2.28	3.13	2.15	1.35	1.72	3.16	0.81	0.887	4.64	0.46	0.431	6.81	0.2	0.207	10.0	0.09	0.0903	14.7	0.03	0.0299	21.5	0.01	0.00990	<p>P1P1_14</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.77	5.11																														
1.47	2.28	3.13																														
2.15	1.35	1.72																														
3.16	0.81	0.887																														
4.64	0.46	0.431																														
6.81	0.2	0.207																														
10.0	0.09	0.0903																														
14.7	0.03	0.0299																														
21.5	0.01	0.00990																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>76.73</td><td>91.2</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>53.63</td><td>54.7</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>29.85</td><td>26.8</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>11.74</td><td>11.3</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>3.14</td><td>3.71</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.55</td><td>0.743</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.07</td><td>0.0746</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.02</td><td>0.0123</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0102</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	76.73	91.2	1.47	53.63	54.7	2.15	29.85	26.8	3.16	11.74	11.3	4.64	3.14	3.71	6.81	0.55	0.743	10.0	0.07	0.0746	14.7	0.02	0.0123	21.5	0.01	0.0102	<p>P1P1_15</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	76.73	91.2																														
1.47	53.63	54.7																														
2.15	29.85	26.8																														
3.16	11.74	11.3																														
4.64	3.14	3.71																														
6.81	0.55	0.743																														
10.0	0.07	0.0746																														
14.7	0.02	0.0123																														
21.5	0.01	0.0102																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>121.7</td><td>119</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>92.01</td><td>84.2</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>56.6</td><td>48.2</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>26.98</td><td>22.4</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>10.34</td><td>8.79</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>2.98</td><td>2.70</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.58</td><td>0.585</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.1</td><td>0.119</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.03</td><td>0.0276</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	121.7	119	1.47	92.01	84.2	2.15	56.6	48.2	3.16	26.98	22.4	4.64	10.34	8.79	6.81	2.98	2.70	10.0	0.58	0.585	14.7	0.1	0.119	21.5	0.03	0.0276	<p>P1P1_16</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	121.7	119																														
1.47	92.01	84.2																														
2.15	56.6	48.2																														
3.16	26.98	22.4																														
4.64	10.34	8.79																														
6.81	2.98	2.70																														
10.0	0.58	0.585																														
14.7	0.1	0.119																														
21.5	0.03	0.0276																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>57.92</td><td>62.4</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>40</td><td>46.7</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>24.58</td><td>28.4</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>11.66</td><td>13.1</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>3.65</td><td>4.15</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.75</td><td>0.872</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.16</td><td>0.186</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.05</td><td>0.0632</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.03</td><td>0.0221</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	57.92	62.4	1.47	40	46.7	2.15	24.58	28.4	3.16	11.66	13.1	4.64	3.65	4.15	6.81	0.75	0.872	10.0	0.16	0.186	14.7	0.05	0.0632	21.5	0.03	0.0221	<p>P1P1_17</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	57.92	62.4																														
1.47	40	46.7																														
2.15	24.58	28.4																														
3.16	11.66	13.1																														
4.64	3.65	4.15																														
6.81	0.75	0.872																														
10.0	0.16	0.186																														
14.7	0.05	0.0632																														
21.5	0.03	0.0221																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>82.78</td><td>85.7</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>65.59</td><td>73.6</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>43.42</td><td>54.3</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>24.75</td><td>32.0</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>11.26</td><td>13.9</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>3.67</td><td>4.13</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.93</td><td>0.785</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.13</td><td>0.134</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.03</td><td>0.0300</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	82.78	85.7	1.47	65.59	73.6	2.15	43.42	54.3	3.16	24.75	32.0	4.64	11.26	13.9	6.81	3.67	4.13	10.0	0.93	0.785	14.7	0.13	0.134	21.5	0.03	0.0300	<p>P1P1_18</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	82.78	85.7																														
1.47	65.59	73.6																														
2.15	43.42	54.3																														
3.16	24.75	32.0																														
4.64	11.26	13.9																														
6.81	3.67	4.13																														
10.0	0.93	0.785																														
14.7	0.13	0.134																														
21.5	0.03	0.0300																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>71.38</td><td>69.9</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>43.04</td><td>52.3</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>24.95</td><td>32.3</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>14.47</td><td>15.9</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>5.58</td><td>5.80</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>1.54</td><td>1.44</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.33</td><td>0.298</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.09</td><td>0.0965</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.04</td><td>0.0390</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	71.38	69.9	1.47	43.04	52.3	2.15	24.95	32.3	3.16	14.47	15.9	4.64	5.58	5.80	6.81	1.54	1.44	10.0	0.33	0.298	14.7	0.09	0.0965	21.5	0.04	0.0390	<p>P1P1_19</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	71.38	69.9																														
1.47	43.04	52.3																														
2.15	24.95	32.3																														
3.16	14.47	15.9																														
4.64	5.58	5.80																														
6.81	1.54	1.44																														
10.0	0.33	0.298																														
14.7	0.09	0.0965																														
21.5	0.04	0.0390																														

Transetto NPD2																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>55.89</td><td>58.3</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>21.1</td><td>26.0</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>7.649</td><td>8.91</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>2.1943</td><td>2.19</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.3456</td><td>0.322</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0336</td><td>0.0466</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0217</td><td>0.0205</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0105</td><td>0.00956</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0023</td><td>0.00634</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	55.89	58.3	1.47	21.1	26.0	2.15	7.649	8.91	3.16	2.1943	2.19	4.64	0.3456	0.322	6.81	0.0336	0.0466	10.0	0.0217	0.0205	14.7	0.0105	0.00956	21.5	0.0023	0.00634	<p>NPD2_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	55.89	58.3																														
1.47	21.1	26.0																														
2.15	7.649	8.91																														
3.16	2.1943	2.19																														
4.64	0.3456	0.322																														
6.81	0.0336	0.0466																														
10.0	0.0217	0.0205																														
14.7	0.0105	0.00956																														
21.5	0.0023	0.00634																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.463</td><td>3.86</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.98707</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.24547</td><td>0.288</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0725</td><td>0.0715</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.03993</td><td>0.0332</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.02347</td><td>0.0225</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.01667</td><td>0.0166</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.01328</td><td>0.0143</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.00982</td><td>0.0132</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.463	3.86	1.47	0.98707	1.12	2.15	0.24547	0.288	3.16	0.0725	0.0715	4.64	0.03993	0.0332	6.81	0.02347	0.0225	10.0	0.01667	0.0166	14.7	0.01328	0.0143	21.5	0.00982	0.0132	<p>NPD2_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.463	3.86																														
1.47	0.98707	1.12																														
2.15	0.24547	0.288																														
3.16	0.0725	0.0715																														
4.64	0.03993	0.0332																														
6.81	0.02347	0.0225																														
10.0	0.01667	0.0166																														
14.7	0.01328	0.0143																														
21.5	0.00982	0.0132																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.971</td><td>2.78</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.8254</td><td>1.07</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3929</td><td>0.389</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1832</td><td>0.192</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0835</td><td>0.0979</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.044</td><td>0.0400</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0239</td><td>0.0182</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0149</td><td>0.0140</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0092</td><td>0.0132</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.971	2.78	1.47	0.8254	1.07	2.15	0.3929	0.389	3.16	0.1832	0.192	4.64	0.0835	0.0979	6.81	0.044	0.0400	10.0	0.0239	0.0182	14.7	0.0149	0.0140	21.5	0.0092	0.0132	<p>NPD2_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.971	2.78																														
1.47	0.8254	1.07																														
2.15	0.3929	0.389																														
3.16	0.1832	0.192																														
4.64	0.0835	0.0979																														
6.81	0.044	0.0400																														
10.0	0.0239	0.0182																														
14.7	0.0149	0.0140																														
21.5	0.0092	0.0132																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.301</td><td>4.92</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.9403</td><td>2.25</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.6289</td><td>0.757</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.215</td><td>0.247</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0823</td><td>0.0996</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0359</td><td>0.0382</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.019</td><td>0.0175</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.012</td><td>0.0138</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0083</td><td>0.0130</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.301	4.92	1.47	1.9403	2.25	2.15	0.6289	0.757	3.16	0.215	0.247	4.64	0.0823	0.0996	6.81	0.0359	0.0382	10.0	0.019	0.0175	14.7	0.012	0.0138	21.5	0.0083	0.0130	<p>NPD2_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.301	4.92																														
1.47	1.9403	2.25																														
2.15	0.6289	0.757																														
3.16	0.215	0.247																														
4.64	0.0823	0.0996																														
6.81	0.0359	0.0382																														
10.0	0.019	0.0175																														
14.7	0.012	0.0138																														
21.5	0.0083	0.0130																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.4883</td><td>2.57</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.0373</td><td>1.14</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3692</td><td>0.462</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.146</td><td>0.195</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0705</td><td>0.0789</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0314</td><td>0.0274</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0175</td><td>0.0128</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0121</td><td>0.0106</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0072</td><td>0.0105</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.4883	2.57	1.47	1.0373	1.14	2.15	0.3692	0.462	3.16	0.146	0.195	4.64	0.0705	0.0789	6.81	0.0314	0.0274	10.0	0.0175	0.0128	14.7	0.0121	0.0106	21.5	0.0072	0.0105	<p>NPD2_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.4883	2.57																														
1.47	1.0373	1.14																														
2.15	0.3692	0.462																														
3.16	0.146	0.195																														
4.64	0.0705	0.0789																														
6.81	0.0314	0.0274																														
10.0	0.0175	0.0128																														
14.7	0.0121	0.0106																														
21.5	0.0072	0.0105																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.7623</td><td>2.57</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.2847</td><td>1.22</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.4156</td><td>0.489</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1386</td><td>0.184</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0619</td><td>0.0752</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0304</td><td>0.0340</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0201</td><td>0.0172</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0132</td><td>0.0118</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0088</td><td>0.0107</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.7623	2.57	1.47	1.2847	1.22	2.15	0.4156	0.489	3.16	0.1386	0.184	4.64	0.0619	0.0752	6.81	0.0304	0.0340	10.0	0.0201	0.0172	14.7	0.0132	0.0118	21.5	0.0088	0.0107	<p>NPD2_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.7623	2.57																														
1.47	1.2847	1.22																														
2.15	0.4156	0.489																														
3.16	0.1386	0.184																														
4.64	0.0619	0.0752																														
6.81	0.0304	0.0340																														
10.0	0.0201	0.0172																														
14.7	0.0132	0.0118																														
21.5	0.0088	0.0107																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.2523</td><td>5.98</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.6483</td><td>3.78</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.6127</td><td>1.78</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.4619</td><td>0.571</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0911</td><td>0.121</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0304</td><td>0.0241</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0165</td><td>0.0116</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.012</td><td>0.0105</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0087</td><td>0.0102</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.2523	5.98	1.47	3.6483	3.78	2.15	1.6127	1.78	3.16	0.4619	0.571	4.64	0.0911	0.121	6.81	0.0304	0.0241	10.0	0.0165	0.0116	14.7	0.012	0.0105	21.5	0.0087	0.0102	<p>NPD2_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.2523	5.98																														
1.47	3.6483	3.78																														
2.15	1.6127	1.78																														
3.16	0.4619	0.571																														
4.64	0.0911	0.121																														
6.81	0.0304	0.0241																														
10.0	0.0165	0.0116																														
14.7	0.012	0.0105																														
21.5	0.0087	0.0102																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.3497</td><td>2.19</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.0717</td><td>1.01</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3974</td><td>0.417</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1173</td><td>0.155</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0486</td><td>0.0501</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0247</td><td>0.0171</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0156</td><td>0.0110</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0111</td><td>0.0104</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0082</td><td>0.0105</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.3497	2.19	1.47	1.0717	1.01	2.15	0.3974	0.417	3.16	0.1173	0.155	4.64	0.0486	0.0501	6.81	0.0247	0.0171	10.0	0.0156	0.0110	14.7	0.0111	0.0104	21.5	0.0082	0.0105	<p>NPD2_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.3497	2.19																														
1.47	1.0717	1.01																														
2.15	0.3974	0.417																														
3.16	0.1173	0.155																														
4.64	0.0486	0.0501																														
6.81	0.0247	0.0171																														
10.0	0.0156	0.0110																														
14.7	0.0111	0.0104																														
21.5	0.0082	0.0105																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.542</td><td>1.54</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.8386</td><td>0.824</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.4561</td><td>0.454</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2002</td><td>0.245</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0944</td><td>0.112</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0421</td><td>0.0394</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0186</td><td>0.0150</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0121</td><td>0.0110</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0089</td><td>0.0106</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.542	1.54	1.47	0.8386	0.824	2.15	0.4561	0.454	3.16	0.2002	0.245	4.64	0.0944	0.112	6.81	0.0421	0.0394	10.0	0.0186	0.0150	14.7	0.0121	0.0110	21.5	0.0089	0.0106	<p>NPD2_9</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.542	1.54																														
1.47	0.8386	0.824																														
2.15	0.4561	0.454																														
3.16	0.2002	0.245																														
4.64	0.0944	0.112																														
6.81	0.0421	0.0394																														
10.0	0.0186	0.0150																														
14.7	0.0121	0.0110																														
21.5	0.0089	0.0106																														

<p>Transetto P8P8</p>																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>290.2</td><td>361</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>181.5</td><td>208</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>111.5</td><td>84.0</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>40.17</td><td>23.9</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>10.34</td><td>6.50</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>2.3397</td><td>2.02</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.4132</td><td>0.478</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	290.2	361	1.47	181.5	208	2.15	111.5	84.0	3.16	40.17	23.9	4.64	10.34	6.50	6.81	2.3397	2.02	10.0	0.4132	0.478	<p>P8P8_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																								
1.00	290.2	361																								
1.47	181.5	208																								
2.15	111.5	84.0																								
3.16	40.17	23.9																								
4.64	10.34	6.50																								
6.81	2.3397	2.02																								
10.0	0.4132	0.478																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.606</td><td>0.652</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.2478</td><td>0.310</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.123</td><td>0.169</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0709</td><td>0.0784</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0432</td><td>0.0349</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0273</td><td>0.0233</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0206</td><td>0.0224</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.606	0.652	1.47	0.2478	0.310	2.15	0.123	0.169	3.16	0.0709	0.0784	4.64	0.0432	0.0349	6.81	0.0273	0.0233	10.0	0.0206	0.0224	<p>P8P8_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																								
1.00	0.606	0.652																								
1.47	0.2478	0.310																								
2.15	0.123	0.169																								
3.16	0.0709	0.0784																								
4.64	0.0432	0.0349																								
6.81	0.0273	0.0233																								
10.0	0.0206	0.0224																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.6083</td><td>4.91</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.8593</td><td>2.38</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.1071</td><td>1.29</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0</td><td>0.623</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0</td><td>0.282</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0943</td><td>0.128</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0584</td><td>0.0502</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.6083	4.91	1.47	1.8593	2.38	2.15	1.1071	1.29	3.16	0	0.623	4.64	0	0.282	6.81	0.0943	0.128	10.0	0.0584	0.0502	<p>P8P8_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																								
1.00	4.6083	4.91																								
1.47	1.8593	2.38																								
2.15	1.1071	1.29																								
3.16	0	0.623																								
4.64	0	0.282																								
6.81	0.0943	0.128																								
10.0	0.0584	0.0502																								

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.2438</td><td>0.239</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.1569</td><td>0.187</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.0996</td><td>0.122</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0563</td><td>0.0626</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0283</td><td>0.0260</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0177</td><td>0.0131</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0125</td><td>0.0106</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0092</td><td>0.0102</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0074</td><td>0.0101</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.2438	0.239	1.47	0.1569	0.187	2.15	0.0996	0.122	3.16	0.0563	0.0626	4.64	0.0283	0.0260	6.81	0.0177	0.0131	10.0	0.0125	0.0106	14.7	0.0092	0.0102	21.5	0.0074	0.0101	<p>P8P8_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	0.2438	0.239																														
1.47	0.1569	0.187																														
2.15	0.0996	0.122																														
3.16	0.0563	0.0626																														
4.64	0.0283	0.0260																														
6.81	0.0177	0.0131																														
10.0	0.0125	0.0106																														
14.7	0.0092	0.0102																														
21.5	0.0074	0.0101																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.0273</td><td>1.13</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.5272</td><td>0.631</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.2891</td><td>0.315</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1339</td><td>0.149</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0561</td><td>0.0634</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0256</td><td>0.0236</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.015</td><td>0.0123</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0097</td><td>0.0106</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0073</td><td>0.0103</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.0273	1.13	1.47	0.5272	0.631	2.15	0.2891	0.315	3.16	0.1339	0.149	4.64	0.0561	0.0634	6.81	0.0256	0.0236	10.0	0.015	0.0123	14.7	0.0097	0.0106	21.5	0.0073	0.0103	<p>P8P8_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.0273	1.13																														
1.47	0.5272	0.631																														
2.15	0.2891	0.315																														
3.16	0.1339	0.149																														
4.64	0.0561	0.0634																														
6.81	0.0256	0.0236																														
10.0	0.015	0.0123																														
14.7	0.0097	0.0106																														
21.5	0.0073	0.0103																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.0817</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.3334</td><td>0.423</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.145</td><td>0.194</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0674</td><td>0.0899</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0312</td><td>0.0351</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.019</td><td>0.0149</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0119</td><td>0.0104</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0078</td><td>0.00832</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0052</td><td>0.00570</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.0817	1.10	1.47	0.3334	0.423	2.15	0.145	0.194	3.16	0.0674	0.0899	4.64	0.0312	0.0351	6.81	0.019	0.0149	10.0	0.0119	0.0104	14.7	0.0078	0.00832	21.5	0.0052	0.00570	<p>P8P8_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.0817	1.10																														
1.47	0.3334	0.423																														
2.15	0.145	0.194																														
3.16	0.0674	0.0899																														
4.64	0.0312	0.0351																														
6.81	0.019	0.0149																														
10.0	0.0119	0.0104																														
14.7	0.0078	0.00832																														
21.5	0.0052	0.00570																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.521</td><td>1.74</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.3959</td><td>0.510</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.1369</td><td>0.202</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0715</td><td>0.102</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0391</td><td>0.0481</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0238</td><td>0.0218</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0149</td><td>0.0127</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0101</td><td>0.0110</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.521	1.74	1.47	0.3959	0.510	2.15	0.1369	0.202	3.16	0.0715	0.102	4.64	0.0391	0.0481	6.81	0.0238	0.0218	10.0	0.0149	0.0127	14.7	0.0101	0.0110	<p>P8P8_7</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.521	1.74																														
1.47	0.3959	0.510																														
2.15	0.1369	0.202																														
3.16	0.0715	0.102																														
4.64	0.0391	0.0481																														
6.81	0.0238	0.0218																														
10.0	0.0149	0.0127																														
14.7	0.0101	0.0110																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>29.42</td><td>28.1</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>12.47</td><td>12.6</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>4.6693</td><td>5.20</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.278</td><td>1.72</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.3574</td><td>0.392</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.081</td><td>0.0780</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0282</td><td>0.0212</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0135</td><td>0.0130</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0099</td><td>0.0147</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	29.42	28.1	1.47	12.47	12.6	2.15	4.6693	5.20	3.16	1.278	1.72	4.64	0.3574	0.392	6.81	0.081	0.0780	10.0	0.0282	0.0212	14.7	0.0135	0.0130	21.5	0.0099	0.0147	<p>P8P8_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	29.42	28.1																														
1.47	12.47	12.6																														
2.15	4.6693	5.20																														
3.16	1.278	1.72																														
4.64	0.3574	0.392																														
6.81	0.081	0.0780																														
10.0	0.0282	0.0212																														
14.7	0.0135	0.0130																														
21.5	0.0099	0.0147																														

Transetto P9P9

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>183.6</td><td>186</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>90.9267</td><td>95.1</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>36.0767</td><td>35.0</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>11.56</td><td>9.79</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>2.4043</td><td>2.17</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.302</td><td>0.300</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0249</td><td>0.0308</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0117</td><td>0.0130</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0123</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	183.6	186	1.47	90.9267	95.1	2.15	36.0767	35.0	3.16	11.56	9.79	4.64	2.4043	2.17	6.81	0.302	0.300	10.0	0.0249	0.0308	14.7	0.0117	0.0130	21.5	0.01	0.0123	<p>P9P9_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	183.6	186																														
1.47	90.9267	95.1																														
2.15	36.0767	35.0																														
3.16	11.56	9.79																														
4.64	2.4043	2.17																														
6.81	0.302	0.300																														
10.0	0.0249	0.0308																														
14.7	0.0117	0.0130																														
21.5	0.01	0.0123																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>40.07</td><td>40.5</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>22.1433</td><td>21.9</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>10.0767</td><td>10.1</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>3.479</td><td>4.14</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.014</td><td>1.29</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3641</td><td>0.263</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0371</td><td>0.0433</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0149</td><td>0.0138</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	40.07	40.5	1.47	22.1433	21.9	2.15	10.0767	10.1	3.16	3.479	4.14	4.64	1.014	1.29	6.81	0.3641	0.263	10.0	0.0371	0.0433	14.7	0.0149	0.0138	<p>P9P9_2</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	40.07	40.5																														
1.47	22.1433	21.9																														
2.15	10.0767	10.1																														
3.16	3.479	4.14																														
4.64	1.014	1.29																														
6.81	0.3641	0.263																														
10.0	0.0371	0.0433																														
14.7	0.0149	0.0138																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>48.7</td><td>50.1</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>14.6</td><td>19.7</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>3.185</td><td>4.84</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.9967</td><td>1.09</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.4856</td><td>0.524</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.2576</td><td>0.268</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0832</td><td>0.0950</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0297</td><td>0.0255</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0131</td><td>0.0131</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	48.7	50.1	1.47	14.6	19.7	2.15	3.185	4.84	3.16	0.9967	1.09	4.64	0.4856	0.524	6.81	0.2576	0.268	10.0	0.0832	0.0950	14.7	0.0297	0.0255	21.5	0.0131	0.0131	<p>P9P9_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	48.7	50.1																														
1.47	14.6	19.7																														
2.15	3.185	4.84																														
3.16	0.9967	1.09																														
4.64	0.4856	0.524																														
6.81	0.2576	0.268																														
10.0	0.0832	0.0950																														
14.7	0.0297	0.0255																														
21.5	0.0131	0.0131																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.2337</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.564</td><td>0.734</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3212</td><td>0.420</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1623</td><td>0.216</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.08</td><td>0.0942</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0357</td><td>0.0368</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0195</td><td>0.0163</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0125</td><td>0.0113</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.009</td><td>0.0105</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.2337	1.25	1.47	0.564	0.734	2.15	0.3212	0.420	3.16	0.1623	0.216	4.64	0.08	0.0942	6.81	0.0357	0.0368	10.0	0.0195	0.0163	14.7	0.0125	0.0113	21.5	0.009	0.0105	<p>P9P9_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.2337	1.25																														
1.47	0.564	0.734																														
2.15	0.3212	0.420																														
3.16	0.1623	0.216																														
4.64	0.08	0.0942																														
6.81	0.0357	0.0368																														
10.0	0.0195	0.0163																														
14.7	0.0125	0.0113																														
21.5	0.009	0.0105																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.1373</td><td>3.24</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.2947</td><td>1.33</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3986</td><td>0.511</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1281</td><td>0.198</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0518</td><td>0.0665</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0269</td><td>0.0210</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0173</td><td>0.0116</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0117</td><td>0.0105</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0081</td><td>0.0106</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.1373	3.24	1.47	1.2947	1.33	2.15	0.3986	0.511	3.16	0.1281	0.198	4.64	0.0518	0.0665	6.81	0.0269	0.0210	10.0	0.0173	0.0116	14.7	0.0117	0.0105	21.5	0.0081	0.0106	<p>P9P9_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.1373	3.24																														
1.47	1.2947	1.33																														
2.15	0.3986	0.511																														
3.16	0.1281	0.198																														
4.64	0.0518	0.0665																														
6.81	0.0269	0.0210																														
10.0	0.0173	0.0116																														
14.7	0.0117	0.0105																														
21.5	0.0081	0.0106																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.5897</td><td>0.663</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.2563</td><td>0.307</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.1335</td><td>0.187</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0766</td><td>0.110</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0441</td><td>0.0539</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0257</td><td>0.0234</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0163</td><td>0.0126</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0107</td><td>0.0105</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0081</td><td>0.0102</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.5897	0.663	1.47	0.2563	0.307	2.15	0.1335	0.187	3.16	0.0766	0.110	4.64	0.0441	0.0539	6.81	0.0257	0.0234	10.0	0.0163	0.0126	14.7	0.0107	0.0105	21.5	0.0081	0.0102	<p>P9P9_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	0.5897	0.663																														
1.47	0.2563	0.307																														
2.15	0.1335	0.187																														
3.16	0.0766	0.110																														
4.64	0.0441	0.0539																														
6.81	0.0257	0.0234																														
10.0	0.0163	0.0126																														
14.7	0.0107	0.0105																														
21.5	0.0081	0.0102																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.0017</td><td>0.975</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.4379</td><td>0.507</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.2164</td><td>0.281</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1109</td><td>0.139</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0483</td><td>0.0605</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0292</td><td>0.0251</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0187</td><td>0.0134</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0126</td><td>0.0113</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0092</td><td>0.0111</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.0017	0.975	1.47	0.4379	0.507	2.15	0.2164	0.281	3.16	0.1109	0.139	4.64	0.0483	0.0605	6.81	0.0292	0.0251	10.0	0.0187	0.0134	14.7	0.0126	0.0113	21.5	0.0092	0.0111	<p>P9P9_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.0017	0.975																														
1.47	0.4379	0.507																														
2.15	0.2164	0.281																														
3.16	0.1109	0.139																														
4.64	0.0483	0.0605																														
6.81	0.0292	0.0251																														
10.0	0.0187	0.0134																														
14.7	0.0126	0.0113																														
21.5	0.0092	0.0111																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>80.75</td><td>88.4</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>46.8267</td><td>47.3</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>24.65</td><td>23.0</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>9.069</td><td>9.37</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>2.15</td><td>2.56</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3557</td><td>0.422</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0552</td><td>0.0641</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0207</td><td>0.0191</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0125</td><td>0.0158</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	80.75	88.4	1.47	46.8267	47.3	2.15	24.65	23.0	3.16	9.069	9.37	4.64	2.15	2.56	6.81	0.3557	0.422	10.0	0.0552	0.0641	14.7	0.0207	0.0191	21.5	0.0125	0.0158	<p>P9P9_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	80.75	88.4																														
1.47	46.8267	47.3																														
2.15	24.65	23.0																														
3.16	9.069	9.37																														
4.64	2.15	2.56																														
6.81	0.3557	0.422																														
10.0	0.0552	0.0641																														
14.7	0.0207	0.0191																														
21.5	0.0125	0.0158																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.269</td><td>6.92</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.643</td><td>2.28</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.5711</td><td>0.637</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2884</td><td>0.279</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1545</td><td>0.176</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0788</td><td>0.0938</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0372</td><td>0.0393</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0177</td><td>0.0189</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.01</td><td>0.0153</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.269	6.92	1.47	1.643	2.28	2.15	0.5711	0.637	3.16	0.2884	0.279	4.64	0.1545	0.176	6.81	0.0788	0.0938	10.0	0.0372	0.0393	14.7	0.0177	0.0189	21.5	0.01	0.0153	<p>P9P9_9</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.269	6.92																														
1.47	1.643	2.28																														
2.15	0.5711	0.637																														
3.16	0.2884	0.279																														
4.64	0.1545	0.176																														
6.81	0.0788	0.0938																														
10.0	0.0372	0.0393																														
14.7	0.0177	0.0189																														
21.5	0.01	0.0153																														

Transetto P6P6																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.0277</td><td>5.66</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.8773</td><td>2.86</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.5853</td><td>1.75</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.8</td><td>0.964</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.4142</td><td>0.437</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1727</td><td>0.184</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0675</td><td>0.0723</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0204</td><td>0.0259</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0101</td><td>0.0142</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.0277	5.66	1.47	2.8773	2.86	2.15	1.5853	1.75	3.16	0.8	0.964	4.64	0.4142	0.437	6.81	0.1727	0.184	10.0	0.0675	0.0723	14.7	0.0204	0.0259	21.5	0.0101	0.0142	<p>P6P6_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.0277	5.66																														
1.47	2.8773	2.86																														
2.15	1.5853	1.75																														
3.16	0.8	0.964																														
4.64	0.4142	0.437																														
6.81	0.1727	0.184																														
10.0	0.0675	0.0723																														
14.7	0.0204	0.0259																														
21.5	0.0101	0.0142																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>13.08</td><td>12.9</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>7.9263</td><td>8.61</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>4.372</td><td>5.29</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>2.3127</td><td>2.60</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.024</td><td>0.977</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.4697</td><td>0.350</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.1552</td><td>0.145</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0427</td><td>0.0537</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0134</td><td>0.0197</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	13.08	12.9	1.47	7.9263	8.61	2.15	4.372	5.29	3.16	2.3127	2.60	4.64	1.024	0.977	6.81	0.4697	0.350	10.0	0.1552	0.145	14.7	0.0427	0.0537	21.5	0.0134	0.0197	<p>P6P6_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	13.08	12.9																														
1.47	7.9263	8.61																														
2.15	4.372	5.29																														
3.16	2.3127	2.60																														
4.64	1.024	0.977																														
6.81	0.4697	0.350																														
10.0	0.1552	0.145																														
14.7	0.0427	0.0537																														
21.5	0.0134	0.0197																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.06</td><td>6.47</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.857</td><td>3.14</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.268</td><td>1.59</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.5407</td><td>0.750</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.2756</td><td>0.331</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1626</td><td>0.166</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0815</td><td>0.0820</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0338</td><td>0.0333</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0136</td><td>0.0156</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.06	6.47	1.47	2.857	3.14	2.15	1.268	1.59	3.16	0.5407	0.750	4.64	0.2756	0.331	6.81	0.1626	0.166	10.0	0.0815	0.0820	14.7	0.0338	0.0333	21.5	0.0136	0.0156	<p>P6P6_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.06	6.47																														
1.47	2.857	3.14																														
2.15	1.268	1.59																														
3.16	0.5407	0.750																														
4.64	0.2756	0.331																														
6.81	0.1626	0.166																														
10.0	0.0815	0.0820																														
14.7	0.0338	0.0333																														
21.5	0.0136	0.0156																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.6133</td><td>5.48</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.81</td><td>2.70</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.1827</td><td>1.17</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0</td><td>0.426</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.147</td><td>0.151</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0542</td><td>0.0545</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0239</td><td>0.0199</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0134</td><td>0.0124</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0091</td><td>0.0119</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.6133	5.48	1.47	2.81	2.70	2.15	1.1827	1.17	3.16	0	0.426	4.64	0.147	0.151	6.81	0.0542	0.0545	10.0	0.0239	0.0199	14.7	0.0134	0.0124	21.5	0.0091	0.0119	<p>P6P6_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.6133	5.48																														
1.47	2.81	2.70																														
2.15	1.1827	1.17																														
3.16	0	0.426																														
4.64	0.147	0.151																														
6.81	0.0542	0.0545																														
10.0	0.0239	0.0199																														
14.7	0.0134	0.0124																														
21.5	0.0091	0.0119																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.8783</td><td>4.31</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.7717</td><td>1.61</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.6087</td><td>0.629</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.212</td><td>0.298</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.086</td><td>0.126</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0354</td><td>0.0419</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0228</td><td>0.0154</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0139</td><td>0.0110</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0097</td><td>0.0108</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.8783	4.31	1.47	1.7717	1.61	2.15	0.6087	0.629	3.16	0.212	0.298	4.64	0.086	0.126	6.81	0.0354	0.0419	10.0	0.0228	0.0154	14.7	0.0139	0.0110	21.5	0.0097	0.0108	<p>P6P6_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.8783	4.31																														
1.47	1.7717	1.61																														
2.15	0.6087	0.629																														
3.16	0.212	0.298																														
4.64	0.086	0.126																														
6.81	0.0354	0.0419																														
10.0	0.0228	0.0154																														
14.7	0.0139	0.0110																														
21.5	0.0097	0.0108																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.2557</td><td>6.40</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.2727</td><td>2.75</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.6363</td><td>1.41</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.7159</td><td>0.760</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.306</td><td>0.346</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.1332</td><td>0.138</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0523</td><td>0.0515</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0209</td><td>0.0200</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0117</td><td>0.0129</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.2557	6.40	1.47	3.2727	2.75	2.15	1.6363	1.41	3.16	0.7159	0.760	4.64	0.306	0.346	6.81	0.1332	0.138	10.0	0.0523	0.0515	14.7	0.0209	0.0200	21.5	0.0117	0.0129	<p>P6P6_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.2557	6.40																														
1.47	3.2727	2.75																														
2.15	1.6363	1.41																														
3.16	0.7159	0.760																														
4.64	0.306	0.346																														
6.81	0.1332	0.138																														
10.0	0.0523	0.0515																														
14.7	0.0209	0.0200																														
21.5	0.0117	0.0129																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.0543</td><td>3.97</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.5327</td><td>2.09</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.602</td><td>1.45</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.9461</td><td>0.924</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.5018</td><td>0.481</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3053</td><td>0.215</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.099</td><td>0.0869</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0341</td><td>0.0323</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0148</td><td>0.0160</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.0543	3.97	1.47	2.5327	2.09	2.15	1.602	1.45	3.16	0.9461	0.924	4.64	0.5018	0.481	6.81	0.3053	0.215	10.0	0.099	0.0869	14.7	0.0341	0.0323	21.5	0.0148	0.0160	<p>P6P6_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.0543	3.97																														
1.47	2.5327	2.09																														
2.15	1.602	1.45																														
3.16	0.9461	0.924																														
4.64	0.5018	0.481																														
6.81	0.3053	0.215																														
10.0	0.099	0.0869																														
14.7	0.0341	0.0323																														
21.5	0.0148	0.0160																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.1913</td><td>6.03</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>4.514</td><td>4.17</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.962</td><td>3.40</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.8527</td><td>2.37</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.1083</td><td>1.25</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.587</td><td>0.509</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.26</td><td>0.188</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0712</td><td>0.0697</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0203</td><td>0.0254</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.1913	6.03	1.47	4.514	4.17	2.15	2.962	3.40	3.16	1.8527	2.37	4.64	1.1083	1.25	6.81	0.587	0.509	10.0	0.26	0.188	14.7	0.0712	0.0697	21.5	0.0203	0.0254	<p>P6P6_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.1913	6.03																														
1.47	4.514	4.17																														
2.15	2.962	3.40																														
3.16	1.8527	2.37																														
4.64	1.1083	1.25																														
6.81	0.587	0.509																														
10.0	0.26	0.188																														
14.7	0.0712	0.0697																														
21.5	0.0203	0.0254																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>7.7267</td><td>8.69</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>4.9707</td><td>6.69</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>3.0767</td><td>4.20</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.643</td><td>1.96</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.8136</td><td>0.693</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3344</td><td>0.256</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.1335</td><td>0.118</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0496</td><td>0.0482</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0193</td><td>0.0188</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	7.7267	8.69	1.47	4.9707	6.69	2.15	3.0767	4.20	3.16	1.643	1.96	4.64	0.8136	0.693	6.81	0.3344	0.256	10.0	0.1335	0.118	14.7	0.0496	0.0482	21.5	0.0193	0.0188	<p>P6P6_9</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	7.7267	8.69																														
1.47	4.9707	6.69																														
2.15	3.0767	4.20																														
3.16	1.643	1.96																														
4.64	0.8136	0.693																														
6.81	0.3344	0.256																														
10.0	0.1335	0.118																														
14.7	0.0496	0.0482																														
21.5	0.0193	0.0188																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.839</td><td>5.35</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.3297</td><td>2.69</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.1933</td><td>1.52</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.6533</td><td>0.819</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.4321</td><td>0.390</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.2681</td><td>0.198</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.1237</td><td>0.107</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0502</td><td>0.0488</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0183</td><td>0.0205</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.839	5.35	1.47	2.3297	2.69	2.15	1.1933	1.52	3.16	0.6533	0.819	4.64	0.4321	0.390	6.81	0.2681	0.198	10.0	0.1237	0.107	14.7	0.0502	0.0488	21.5	0.0183	0.0205	<p>P6P6_10</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.839	5.35																														
1.47	2.3297	2.69																														
2.15	1.1933	1.52																														
3.16	0.6533	0.819																														
4.64	0.4321	0.390																														
6.81	0.2681	0.198																														
10.0	0.1237	0.107																														
14.7	0.0502	0.0488																														
21.5	0.0183	0.0205																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.2117</td><td>3.28</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.467</td><td>1.63</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.7006</td><td>0.922</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.5295</td><td>0.525</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1805</td><td>0.252</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0719</td><td>0.0961</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0352</td><td>0.0312</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0185</td><td>0.0136</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.2117	3.28	1.47	1.467	1.63	2.15	0.7006	0.922	3.16	0.5295	0.525	4.64	0.1805	0.252	6.81	0.0719	0.0961	10.0	0.0352	0.0312	14.7	0.0185	0.0136	<p>P6P6_11</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.2117	3.28																														
1.47	1.467	1.63																														
2.15	0.7006	0.922																														
3.16	0.5295	0.525																														
4.64	0.1805	0.252																														
6.81	0.0719	0.0961																														
10.0	0.0352	0.0312																														
14.7	0.0185	0.0136																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>9.167</td><td>8.61</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>5.853</td><td>6.57</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>3.55</td><td>4.35</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.9037</td><td>2.26</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.9312</td><td>0.888</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.4419</td><td>0.334</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.1734</td><td>0.159</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0739</td><td>0.0727</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0302</td><td>0.0275</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	9.167	8.61	1.47	5.853	6.57	2.15	3.55	4.35	3.16	1.9037	2.26	4.64	0.9312	0.888	6.81	0.4419	0.334	10.0	0.1734	0.159	14.7	0.0739	0.0727	21.5	0.0302	0.0275	<p>P6P6_12</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	9.167	8.61																														
1.47	5.853	6.57																														
2.15	3.55	4.35																														
3.16	1.9037	2.26																														
4.64	0.9312	0.888																														
6.81	0.4419	0.334																														
10.0	0.1734	0.159																														
14.7	0.0739	0.0727																														
21.5	0.0302	0.0275																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.3693</td><td>5.82</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.4283</td><td>2.93</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.0757</td><td>2.04</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.3383</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.8636</td><td>1.01</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.5393</td><td>0.540</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.2857</td><td>0.275</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.1579</td><td>0.138</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0671</td><td>0.0588</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.3693	5.82	1.47	3.4283	2.93	2.15	2.0757	2.04	3.16	1.3383	1.56	4.64	0.8636	1.01	6.81	0.5393	0.540	10.0	0.2857	0.275	14.7	0.1579	0.138	21.5	0.0671	0.0588	<p>P6P6_13</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.3693	5.82																														
1.47	3.4283	2.93																														
2.15	2.0757	2.04																														
3.16	1.3383	1.56																														
4.64	0.8636	1.01																														
6.81	0.5393	0.540																														
10.0	0.2857	0.275																														
14.7	0.1579	0.138																														
21.5	0.0671	0.0588																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>7.362</td><td>7.55</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.875</td><td>4.13</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.973</td><td>2.94</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.4267</td><td>1.88</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.7997</td><td>0.965</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.4893</td><td>0.446</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.2634</td><td>0.240</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.1369</td><td>0.138</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0669</td><td>0.0649</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	7.362	7.55	1.47	3.875	4.13	2.15	2.973	2.94	3.16	1.4267	1.88	4.64	0.7997	0.965	6.81	0.4893	0.446	10.0	0.2634	0.240	14.7	0.1369	0.138	21.5	0.0669	0.0649	<p>P6P6_14</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	7.362	7.55																														
1.47	3.875	4.13																														
2.15	2.973	2.94																														
3.16	1.4267	1.88																														
4.64	0.7997	0.965																														
6.81	0.4893	0.446																														
10.0	0.2634	0.240																														
14.7	0.1369	0.138																														
21.5	0.0669	0.0649																														

Transetto P3P3																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>41.1133</td><td>43.9</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>12.5733</td><td>11.8</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.91</td><td>2.23</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.2783</td><td>0.396</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0729</td><td>0.0952</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0354</td><td>0.0313</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0235</td><td>0.0140</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0227</td><td>0.0140</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	41.1133	43.9	1.47	12.5733	11.8	2.15	1.91	2.23	3.16	0.2783	0.396	4.64	0.0729	0.0952	6.81	0.0354	0.0313	10.0	0.0235	0.0140	14.7	0.0227	0.0140	<p>P3P3_1</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	41.1133	43.9																														
1.47	12.5733	11.8																														
2.15	1.91	2.23																														
3.16	0.2783	0.396																														
4.64	0.0729	0.0952																														
6.81	0.0354	0.0313																														
10.0	0.0235	0.0140																														
14.7	0.0227	0.0140																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.9617</td><td>6.86</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.37</td><td>2.53</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.6227</td><td>0.740</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.179</td><td>0.217</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0543</td><td>0.0789</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0351</td><td>0.0285</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0254</td><td>0.0171</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0204</td><td>0.0179</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0</td><td>0.0185</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.9617	6.86	1.47	2.37	2.53	2.15	0.6227	0.740	3.16	0.179	0.217	4.64	0.0543	0.0789	6.81	0.0351	0.0285	10.0	0.0254	0.0171	14.7	0.0204	0.0179	21.5	0	0.0185	<p>P3P3_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.9617	6.86																														
1.47	2.37	2.53																														
2.15	0.6227	0.740																														
3.16	0.179	0.217																														
4.64	0.0543	0.0789																														
6.81	0.0351	0.0285																														
10.0	0.0254	0.0171																														
14.7	0.0204	0.0179																														
21.5	0	0.0185																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.93</td><td>4.59</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.2043</td><td>1.86</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.748</td><td>0.696</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.235</td><td>0.265</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0903</td><td>0.124</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0444</td><td>0.0541</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0282</td><td>0.0218</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0192</td><td>0.0141</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0145</td><td>0.0136</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.93	4.59	1.47	2.2043	1.86	2.15	0.748	0.696	3.16	0.235	0.265	4.64	0.0903	0.124	6.81	0.0444	0.0541	10.0	0.0282	0.0218	14.7	0.0192	0.0141	21.5	0.0145	0.0136	<p>P3P3_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.93	4.59																														
1.47	2.2043	1.86																														
2.15	0.748	0.696																														
3.16	0.235	0.265																														
4.64	0.0903	0.124																														
6.81	0.0444	0.0541																														
10.0	0.0282	0.0218																														
14.7	0.0192	0.0141																														
21.5	0.0145	0.0136																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.5207</td><td>4.56</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.266</td><td>3.14</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.755</td><td>2.11</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.9519</td><td>1.10</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.3706</td><td>0.420</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.12</td><td>0.129</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0349</td><td>0.0383</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0164</td><td>0.0156</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0127</td><td>0.0123</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.5207	4.56	1.47	3.266	3.14	2.15	1.755	2.11	3.16	0.9519	1.10	4.64	0.3706	0.420	6.81	0.12	0.129	10.0	0.0349	0.0383	14.7	0.0164	0.0156	21.5	0.0127	0.0123	<p>P3P3_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.5207	4.56																														
1.47	3.266	3.14																														
2.15	1.755	2.11																														
3.16	0.9519	1.10																														
4.64	0.3706	0.420																														
6.81	0.12	0.129																														
10.0	0.0349	0.0383																														
14.7	0.0164	0.0156																														
21.5	0.0127	0.0123																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.4817</td><td>2.94</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.45</td><td>1.93</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.8491</td><td>0.973</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.4311</td><td>0.386</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1887</td><td>0.157</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0654</td><td>0.0732</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.025</td><td>0.0317</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0125</td><td>0.0159</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0102</td><td>0.0124</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.4817	2.94	1.47	1.45	1.93	2.15	0.8491	0.973	3.16	0.4311	0.386	4.64	0.1887	0.157	6.81	0.0654	0.0732	10.0	0.025	0.0317	14.7	0.0125	0.0159	21.5	0.0102	0.0124	<p>P3P3_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.4817	2.94																														
1.47	1.45	1.93																														
2.15	0.8491	0.973																														
3.16	0.4311	0.386																														
4.64	0.1887	0.157																														
6.81	0.0654	0.0732																														
10.0	0.025	0.0317																														
14.7	0.0125	0.0159																														
21.5	0.0102	0.0124																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.9677</td><td>2.28</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.8792</td><td>0.955</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3909</td><td>0.444</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1528</td><td>0.201</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.063</td><td>0.0821</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0323</td><td>0.0293</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0176</td><td>0.0134</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0125</td><td>0.0113</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0102</td><td>0.0115</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.9677	2.28	1.47	0.8792	0.955	2.15	0.3909	0.444	3.16	0.1528	0.201	4.64	0.063	0.0821	6.81	0.0323	0.0293	10.0	0.0176	0.0134	14.7	0.0125	0.0113	21.5	0.0102	0.0115	<p>P3P3_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.9677	2.28																														
1.47	0.8792	0.955																														
2.15	0.3909	0.444																														
3.16	0.1528	0.201																														
4.64	0.063	0.0821																														
6.81	0.0323	0.0293																														
10.0	0.0176	0.0134																														
14.7	0.0125	0.0113																														
21.5	0.0102	0.0115																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>6.32</td><td>6.27</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>4.149</td><td>4.27</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.688</td><td>2.95</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.5953</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.7679</td><td>0.748</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3112</td><td>0.276</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0977</td><td>0.0990</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0315</td><td>0.0340</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0156</td><td>0.0154</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	6.32	6.27	1.47	4.149	4.27	2.15	2.688	2.95	3.16	1.5953	1.70	4.64	0.7679	0.748	6.81	0.3112	0.276	10.0	0.0977	0.0990	14.7	0.0315	0.0340	21.5	0.0156	0.0154	<p>P3P3_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	6.32	6.27																														
1.47	4.149	4.27																														
2.15	2.688	2.95																														
3.16	1.5953	1.70																														
4.64	0.7679	0.748																														
6.81	0.3112	0.276																														
10.0	0.0977	0.0990																														
14.7	0.0315	0.0340																														
21.5	0.0156	0.0154																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>8.951</td><td>9.57</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>5.8767</td><td>6.39</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>3.5603</td><td>4.13</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.8693</td><td>2.17</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.0717</td><td>0.944</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.5728</td><td>0.474</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.3659</td><td>0.329</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.2282</td><td>0.224</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.1173</td><td>0.119</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	8.951	9.57	1.47	5.8767	6.39	2.15	3.5603	4.13	3.16	1.8693	2.17	4.64	1.0717	0.944	6.81	0.5728	0.474	10.0	0.3659	0.329	14.7	0.2282	0.224	21.5	0.1173	0.119	<p>P3P3_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	8.951	9.57																														
1.47	5.8767	6.39																														
2.15	3.5603	4.13																														
3.16	1.8693	2.17																														
4.64	1.0717	0.944																														
6.81	0.5728	0.474																														
10.0	0.3659	0.329																														
14.7	0.2282	0.224																														
21.5	0.1173	0.119																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.8297</td><td>5.68</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>4.1254</td><td>4.56</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>2.576</td><td>3.19</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.758</td><td>1.83</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>1.176</td><td>0.936</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.702</td><td>0.568</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.4494</td><td>0.427</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.2813</td><td>0.304</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.1555</td><td>0.169</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.8297	5.68	1.47	4.1254	4.56	2.15	2.576	3.19	3.16	1.758	1.83	4.64	1.176	0.936	6.81	0.702	0.568	10.0	0.4494	0.427	14.7	0.2813	0.304	21.5	0.1555	0.169	<p>P3P3_9</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.8297	5.68																														
1.47	4.1254	4.56																														
2.15	2.576	3.19																														
3.16	1.758	1.83																														
4.64	1.176	0.936																														
6.81	0.702	0.568																														
10.0	0.4494	0.427																														
14.7	0.2813	0.304																														
21.5	0.1555	0.169																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.84</td><td>3.06</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>2.0013</td><td>2.24</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.389</td><td>1.67</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.8704</td><td>1.04</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.5589</td><td>0.566</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.3597</td><td>0.328</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.2109</td><td>0.218</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.1176</td><td>0.130</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0646</td><td>0.0596</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.84	3.06	1.47	2.0013	2.24	2.15	1.389	1.67	3.16	0.8704	1.04	4.64	0.5589	0.566	6.81	0.3597	0.328	10.0	0.2109	0.218	14.7	0.1176	0.130	21.5	0.0646	0.0596	<p>P3P3_10</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.84	3.06																														
1.47	2.0013	2.24																														
2.15	1.389	1.67																														
3.16	0.8704	1.04																														
4.64	0.5589	0.566																														
6.81	0.3597	0.328																														
10.0	0.2109	0.218																														
14.7	0.1176	0.130																														
21.5	0.0646	0.0596																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>13.8233</td><td>14.9</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>10.14</td><td>8.56</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>6.303</td><td>6.43</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>3.668</td><td>4.65</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>2.3597</td><td>2.74</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>1.3823</td><td>1.24</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.5735</td><td>0.468</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.2391</td><td>0.195</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0845</td><td>0.0844</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	13.8233	14.9	1.47	10.14	8.56	2.15	6.303	6.43	3.16	3.668	4.65	4.64	2.3597	2.74	6.81	1.3823	1.24	10.0	0.5735	0.468	14.7	0.2391	0.195	21.5	0.0845	0.0844	<p>P3P3_11</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	13.8233	14.9																														
1.47	10.14	8.56																														
2.15	6.303	6.43																														
3.16	3.668	4.65																														
4.64	2.3597	2.74																														
6.81	1.3823	1.24																														
10.0	0.5735	0.468																														
14.7	0.2391	0.195																														
21.5	0.0845	0.0844																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.981</td><td>2.85</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.828</td><td>1.56</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.065</td><td>1.12</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.8038</td><td>0.878</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.583</td><td>0.621</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.428</td><td>0.394</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.2813</td><td>0.248</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.1636</td><td>0.153</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0738</td><td>0.0792</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.981	2.85	1.47	1.828	1.56	2.15	1.065	1.12	3.16	0.8038	0.878	4.64	0.583	0.621	6.81	0.428	0.394	10.0	0.2813	0.248	14.7	0.1636	0.153	21.5	0.0738	0.0792	<p>P3P3_12</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.981	2.85																														
1.47	1.828	1.56																														
2.15	1.065	1.12																														
3.16	0.8038	0.878																														
4.64	0.583	0.621																														
6.81	0.428	0.394																														
10.0	0.2813	0.248																														
14.7	0.1636	0.153																														
21.5	0.0738	0.0792																														

Transetto NPD2_bis

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>24.3733</td><td>28.4</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>15.5867</td><td>13.6</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>5.5927</td><td>5.12</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>1.1527</td><td>1.44</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1968</td><td>0.264</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0291</td><td>0.0363</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0176</td><td>0.0126</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0118</td><td>0.0109</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0091</td><td>0.0116</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	24.3733	28.4	1.47	15.5867	13.6	2.15	5.5927	5.12	3.16	1.1527	1.44	4.64	0.1968	0.264	6.81	0.0291	0.0363	10.0	0.0176	0.0126	14.7	0.0118	0.0109	21.5	0.0091	0.0116	<p>NPD2_bis_1</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	24.3733	28.4																														
1.47	15.5867	13.6																														
2.15	5.5927	5.12																														
3.16	1.1527	1.44																														
4.64	0.1968	0.264																														
6.81	0.0291	0.0363																														
10.0	0.0176	0.0126																														
14.7	0.0118	0.0109																														
21.5	0.0091	0.0116																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>7.6727</td><td>7.07</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.917</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.5383</td><td>0.765</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1177</td><td>0.178</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0398</td><td>0.0430</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0241</td><td>0.0152</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0174</td><td>0.0110</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0114</td><td>0.0109</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0094</td><td>0.0116</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	7.6727	7.07	1.47	1.917	2.65	2.15	0.5383	0.765	3.16	0.1177	0.178	4.64	0.0398	0.0430	6.81	0.0241	0.0152	10.0	0.0174	0.0110	14.7	0.0114	0.0109	21.5	0.0094	0.0116	<p>NPD2_bis_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	7.6727	7.07																														
1.47	1.917	2.65																														
2.15	0.5383	0.765																														
3.16	0.1177	0.178																														
4.64	0.0398	0.0430																														
6.81	0.0241	0.0152																														
10.0	0.0174	0.0110																														
14.7	0.0114	0.0109																														
21.5	0.0094	0.0116																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.5347</td><td>1.61</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.5421</td><td>0.744</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.2519</td><td>0.304</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1044</td><td>0.136</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0515</td><td>0.0582</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0281</td><td>0.0222</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0155</td><td>0.0121</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0094</td><td>0.0105</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.5347	1.61	1.47	0.5421	0.744	2.15	0.2519	0.304	3.16	0.1044	0.136	4.64	0.0515	0.0582	6.81	0.0281	0.0222	10.0	0.0155	0.0121	14.7	0.0094	0.0105	<p>NPD2_bis_3</p>			
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.5347	1.61																														
1.47	0.5421	0.744																														
2.15	0.2519	0.304																														
3.16	0.1044	0.136																														
4.64	0.0515	0.0582																														
6.81	0.0281	0.0222																														
10.0	0.0155	0.0121																														
14.7	0.0094	0.0105																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>5.9007</td><td>6.33</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>3.3947</td><td>2.86</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>1.633</td><td>1.32</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.5603</td><td>0.577</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.169</td><td>0.224</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0455</td><td>0.0829</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0208</td><td>0.0289</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.013</td><td>0.0135</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0087</td><td>0.0116</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	5.9007	6.33	1.47	3.3947	2.86	2.15	1.633	1.32	3.16	0.5603	0.577	4.64	0.169	0.224	6.81	0.0455	0.0829	10.0	0.0208	0.0289	14.7	0.013	0.0135	21.5	0.0087	0.0116	<p>NPD2_bis_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	5.9007	6.33																														
1.47	3.3947	2.86																														
2.15	1.633	1.32																														
3.16	0.5603	0.577																														
4.64	0.169	0.224																														
6.81	0.0455	0.0829																														
10.0	0.0208	0.0289																														
14.7	0.013	0.0135																														
21.5	0.0087	0.0116																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.7657</td><td>2.65</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.075</td><td>0.960</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.3621</td><td>0.363</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1288</td><td>0.139</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0521</td><td>0.0497</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0281</td><td>0.0182</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0176</td><td>0.0115</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0117</td><td>0.0112</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0082</td><td>0.0117</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.7657	2.65	1.47	1.075	0.960	2.15	0.3621	0.363	3.16	0.1288	0.139	4.64	0.0521	0.0497	6.81	0.0281	0.0182	10.0	0.0176	0.0115	14.7	0.0117	0.0112	21.5	0.0082	0.0117	<p>NPD2_bis_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.7657	2.65																														
1.47	1.075	0.960																														
2.15	0.3621	0.363																														
3.16	0.1288	0.139																														
4.64	0.0521	0.0497																														
6.81	0.0281	0.0182																														
10.0	0.0176	0.0115																														
14.7	0.0117	0.0112																														
21.5	0.0082	0.0117																														

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>1.9203</td><td>1.87</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.7199</td><td>0.905</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.2684</td><td>0.404</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1</td><td>0.168</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0468</td><td>0.0627</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0298</td><td>0.0228</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.019</td><td>0.0123</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0126</td><td>0.0106</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0092</td><td>0.0104</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	1.9203	1.87	1.47	0.7199	0.905	2.15	0.2684	0.404	3.16	0.1	0.168	4.64	0.0468	0.0627	6.81	0.0298	0.0228	10.0	0.019	0.0123	14.7	0.0126	0.0106	21.5	0.0092	0.0104	<p>NPD2_bis_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	1.9203	1.87																														
1.47	0.7199	0.905																														
2.15	0.2684	0.404																														
3.16	0.1	0.168																														
4.64	0.0468	0.0627																														
6.81	0.0298	0.0228																														
10.0	0.019	0.0123																														
14.7	0.0126	0.0106																														
21.5	0.0092	0.0104																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.6423</td><td>3.61</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.7983</td><td>1.70</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.7349</td><td>0.748</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.214</td><td>0.293</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0705</td><td>0.0993</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0338</td><td>0.0317</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0198</td><td>0.0137</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0127</td><td>0.0108</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.009</td><td>0.0107</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.6423	3.61	1.47	1.7983	1.70	2.15	0.7349	0.748	3.16	0.214	0.293	4.64	0.0705	0.0993	6.81	0.0338	0.0317	10.0	0.0198	0.0137	14.7	0.0127	0.0108	21.5	0.009	0.0107	<p>NPD2_bis_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.6423	3.61																														
1.47	1.7983	1.70																														
2.15	0.7349	0.748																														
3.16	0.214	0.293																														
4.64	0.0705	0.0993																														
6.81	0.0338	0.0317																														
10.0	0.0198	0.0137																														
14.7	0.0127	0.0108																														
21.5	0.009	0.0107																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>3.2897</td><td>3.42</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.7513</td><td>1.76</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.9309</td><td>0.986</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.4318</td><td>0.512</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.1518</td><td>0.205</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.059</td><td>0.0620</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0247</td><td>0.0191</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0134</td><td>0.0114</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0093</td><td>0.0109</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	3.2897	3.42	1.47	1.7513	1.76	2.15	0.9309	0.986	3.16	0.4318	0.512	4.64	0.1518	0.205	6.81	0.059	0.0620	10.0	0.0247	0.0191	14.7	0.0134	0.0114	21.5	0.0093	0.0109	<p>NPD2_bis_8</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	3.2897	3.42																														
1.47	1.7513	1.76																														
2.15	0.9309	0.986																														
3.16	0.4318	0.512																														
4.64	0.1518	0.205																														
6.81	0.059	0.0620																														
10.0	0.0247	0.0191																														
14.7	0.0134	0.0114																														
21.5	0.0093	0.0109																														

Transetto P8P8_bis																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>290.1</td><td>276</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>125.7</td><td>147</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>40.7467</td><td>50.4</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>8.4707</td><td>9.55</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.5718</td><td>0.878</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0812</td><td>0.0756</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	290.1	276	1.47	125.7	147	2.15	40.7467	50.4	3.16	8.4707	9.55	4.64	0.5718	0.878	6.81	0.0812	0.0756	<p>P8P8_bis_1</p>						
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																											
1.00	290.1	276																											
1.47	125.7	147																											
2.15	40.7467	50.4																											
3.16	8.4707	9.55																											
4.64	0.5718	0.878																											
6.81	0.0812	0.0756																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.68</td><td>0.801</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.193</td><td>0.245</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.0908</td><td>0.135</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0582</td><td>0.0667</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0367</td><td>0.0308</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0264</td><td>0.0201</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0185</td><td>0.0187</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0135</td><td>0.0192</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.68	0.801	1.47	0.193	0.245	2.15	0.0908	0.135	3.16	0.0582	0.0667	4.64	0.0367	0.0308	6.81	0.0264	0.0201	10.0	0.0185	0.0187	14.7	0.0135	0.0192	<p>P8P8_bis_2</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																											
1.00	0.68	0.801																											
1.47	0.193	0.245																											
2.15	0.0908	0.135																											
3.16	0.0582	0.0667																											
4.64	0.0367	0.0308																											
6.81	0.0264	0.0201																											
10.0	0.0185	0.0187																											
14.7	0.0135	0.0192																											

	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>4.311</td><td>3.96</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.257</td><td>1.42</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.2715</td><td>0.435</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0799</td><td>0.147</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0466</td><td>0.0526</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0306</td><td>0.0188</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.021</td><td>0.0115</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0141</td><td>0.0110</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0098</td><td>0.0114</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	4.311	3.96	1.47	1.257	1.42	2.15	0.2715	0.435	3.16	0.0799	0.147	4.64	0.0466	0.0526	6.81	0.0306	0.0188	10.0	0.021	0.0115	14.7	0.0141	0.0110	21.5	0.0098	0.0114	<p>P8P8_bis_3</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	4.311	3.96																														
1.47	1.257	1.42																														
2.15	0.2715	0.435																														
3.16	0.0799	0.147																														
4.64	0.0466	0.0526																														
6.81	0.0306	0.0188																														
10.0	0.021	0.0115																														
14.7	0.0141	0.0110																														
21.5	0.0098	0.0114																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.5248</td><td>0.598</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.2543</td><td>0.374</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.1261</td><td>0.198</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0645</td><td>0.0791</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0341</td><td>0.0256</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0179</td><td>0.0122</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0121</td><td>0.0105</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0093</td><td>0.0102</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0075</td><td>0.0101</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.5248	0.598	1.47	0.2543	0.374	2.15	0.1261	0.198	3.16	0.0645	0.0791	4.64	0.0341	0.0256	6.81	0.0179	0.0122	10.0	0.0121	0.0105	14.7	0.0093	0.0102	21.5	0.0075	0.0101	<p>P8P8_bis_4</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	0.5248	0.598																														
1.47	0.2543	0.374																														
2.15	0.1261	0.198																														
3.16	0.0645	0.0791																														
4.64	0.0341	0.0256																														
6.81	0.0179	0.0122																														
10.0	0.0121	0.0105																														
14.7	0.0093	0.0102																														
21.5	0.0075	0.0101																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>2.5393</td><td>2.50</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>1.156</td><td>1.37</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.4426</td><td>0.604</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.1565</td><td>0.205</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0513</td><td>0.0543</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0221</td><td>0.0164</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0128</td><td>0.0109</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0097</td><td>0.0103</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.008</td><td>0.0102</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	2.5393	2.50	1.47	1.156	1.37	2.15	0.4426	0.604	3.16	0.1565	0.205	4.64	0.0513	0.0543	6.81	0.0221	0.0164	10.0	0.0128	0.0109	14.7	0.0097	0.0103	21.5	0.008	0.0102	<p>P8P8_bis_5</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	2.5393	2.50																														
1.47	1.156	1.37																														
2.15	0.4426	0.604																														
3.16	0.1565	0.205																														
4.64	0.0513	0.0543																														
6.81	0.0221	0.0164																														
10.0	0.0128	0.0109																														
14.7	0.0097	0.0103																														
21.5	0.008	0.0102																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>0.9756</td><td>0.907</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>0.3689</td><td>0.483</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>0.1616</td><td>0.218</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>0.0626</td><td>0.0726</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>0.0323</td><td>0.0207</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>0.0195</td><td>0.0112</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.0135</td><td>0.0103</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0091</td><td>0.0102</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0071</td><td>0.0101</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	0.9756	0.907	1.47	0.3689	0.483	2.15	0.1616	0.218	3.16	0.0626	0.0726	4.64	0.0323	0.0207	6.81	0.0195	0.0112	10.0	0.0135	0.0103	14.7	0.0091	0.0102	21.5	0.0071	0.0101	<p>P8P8_bis_6</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	0.9756	0.907																														
1.47	0.3689	0.483																														
2.15	0.1616	0.218																														
3.16	0.0626	0.0726																														
4.64	0.0323	0.0207																														
6.81	0.0195	0.0112																														
10.0	0.0135	0.0103																														
14.7	0.0091	0.0102																														
21.5	0.0071	0.0101																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Spacing Distance (m)</th> <th>Observed (ohm-m)</th> <th>Calculated (ohm-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.00</td><td>288.1</td><td>325</td></tr> <tr><td>1.47</td><td>170.4</td><td>220</td></tr> <tr><td>2.15</td><td>89.9867</td><td>113</td></tr> <tr><td>3.16</td><td>34.29</td><td>39.8</td></tr> <tr><td>4.64</td><td>7.8887</td><td>9.05</td></tr> <tr><td>6.81</td><td>1.1427</td><td>1.27</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>0.12</td><td>0.196</td></tr> <tr><td>14.7</td><td>0.0736</td><td>0.0897</td></tr> <tr><td>21.5</td><td>0.0602</td><td>0.0519</td></tr> </tbody> </table>	Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)	1.00	288.1	325	1.47	170.4	220	2.15	89.9867	113	3.16	34.29	39.8	4.64	7.8887	9.05	6.81	1.1427	1.27	10.0	0.12	0.196	14.7	0.0736	0.0897	21.5	0.0602	0.0519	<p>P8P8_bis_7</p>
Spacing Distance (m)	Observed (ohm-m)	Calculated (ohm-m)																														
1.00	288.1	325																														
1.47	170.4	220																														
2.15	89.9867	113																														
3.16	34.29	39.8																														
4.64	7.8887	9.05																														
6.81	1.1427	1.27																														
10.0	0.12	0.196																														
14.7	0.0736	0.0897																														
21.5	0.0602	0.0519																														

9.4 Dati dei punti utilizzati durante le campagne di misurazione diretta in pozzo

Campagna di monitoraggio Giugno 2010						
NOME	EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota	Quota Falda	Quota Soglia 3g/l	Quota Soglia 15 g/l
PZBEV2A	765036.000	4917406.000	2.210	-1.340	-4.400	
PZBEV2B	765110.000	4917161.000	3.750	0.200		
PZBEV1F	765399.557	4916210.360	1.730	-2.020	-2.020	-6.130
PZBEV2F	765372.631	4916203.841	0.770	-0.840	-0.840	-3.680
PZBEV3F	765205.192	4916143.399	1.240	0.920	-2.080	
PZBEV1G	765599.275	4915499.881	1.300	-1.540	-5.250	-5.380
PZBEV2G	765572.050	4915490.160	1.300	0.260	-1.610	-1.860
PZBEV3G	765450.737	4915445.961	1.500	0.650	-0.340	-0.670
PZMR3A	760544.000	4935595.000	1.670	0.130	-1.910	
PZMR3B	760562.000	4935486.000	1.450	0.170	-1.540	-2.530
PZMR4B	760260.644	4935475.248	2.500	0.700	-1.770	
PZMRPC	760557.000	4935523.000	1.540	0.090	-2.030	
PZLD1	764552.690	4919604.360	1.600	0.060	0.060	0.060
PZLD2	764593.740	4917903.700	1.400	0.230	0.230	-1.470
PZLD3	764541.540	4918797.250	1.350	0.130	0.130	-2.240
PZCL1	760548.388	4918791.400	3.180	0.780	-7.200	
PZCL2	760930.032	4918173.540	3.400	0.840	-2.780	
PZLA1	760768.410	4924041.330	0.000	-2.210	-2.210	-6.400
PZLA2	760839.220	4925026.960	0.000	-1.920	-1.920	-1.920
PZSV2	756715.000	4929153.000	1.910	-0.070	-2.230	-5.290
PZSV3	757338.000	4929277.000	1.008	-0.592	-0.592	-2.432
PZSV8	756727.000	4930908.000	1.322	0.082	-4.818	
PZSV9	757177.000	4932025.000	1.827	0.027	-2.013	-5.113
PZSV10	756657.000	4932041.000	1.623	0.133		
PZSV11	756713.000	4932885.000	1.783	0.173		
PZSV12	757478.000	4932938.000	1.472	-0.048	-0.048	-1.988
PZSV13	756804.000	4934115.000	1.889	0.159		
PZSV14	757240.000	4934138.000	1.502	-0.098	-2.378	-3.558
PZSV15	756975.000	4935412.000	2.275	-0.005	-3.185	
PZSV16	757499.000	4935466.000	1.334	0.094	0.094	-4.206

PZSV17	756086.000	4934426.000	1.878	0.418	-3.362	
PZSV18	755774.000	4934517.000	1.199	0.129	-5.301	
PZSV19	757664.000	4936256.000	1.830	-0.040	-2.980	
PZSV20	757853.000	4937000.000	1.646	-0.314	-4.874	
PZSV21	758121.000	4937890.000	1.535	-1.265	-7.235	
PZSV22	758576.000	4939023.000	1.876	-0.224	-3.404	
PZSV23	756298.090	4930655.908	0.652	-1.218	-9.398	-11.448
PZSV24	756659.795	4931262.314	0.647	0.037	-2.863	
PZSV26	755821.452	4930393.400	0.066	-0.854	-8.154	-8.444
PZSV27	756324.562	4930077.327	0.563	-0.787	-0.787	-15.007
PZSV28	756771.809	4930124.598	0.691	-0.609	-0.609	-5.829
PZSV30	757428.819	4930482.465	0.848	-0.442	-0.442	-3.082
PZSV31	757451.060	4930176.392	0.723	-0.567	-0.567	-0.567
PZSV32	755740.162	4929537.659	0.463	-0.837	-0.837	-5.997
PZSV33	756410.247	4929500.761	0.793	-0.727	-0.727	-4.707
PZSV34	756816.117	4929557.615	1.401	-0.629	-3.149	-12.249
PZSV35	757474.429	4929872.032	0.510	-0.580	-0.580	-0.580
PZSV36	757502.292	4929649.290	0.815	-0.585	-0.585	-0.585
PZSV37	755775.906	4928939.745	0.471	-1.149	-1.149	-5.489
PMSV6	756590.000	4928675.000	0.622	-0.468	-1.808	-3.898
PMSV7	756882.000	4930638.000	0.442	-0.398	-4.588	-4.798
PMSV8	757484.000	4929151.000	1.004	-0.256	-8.446	-10.496
PZMAR2	754786.593	4928787.765	2.410	-0.590		
PZMAR3	754788.593	4928706.765	2.240	-0.570		
PZMAR4	754891.173	4928598.244	1.720	-0.480		
PZMAR5	754878.115	4928761.765	2.430	-0.410		
PZMAR6	754881.956	4928706.403	2.170	-0.420		
PZMAR7	754883.057	4928652.722	2.190	-0.460		
P10S	759209.200	4915518.486	-1.695	-3.985	-3.985	
P11S	759158.639	4915480.877	-1.643	-3.173	-3.173	-14.573
P12S	762567.780	4915303.341	1.000	0.050	-1.720	-13.960
P13S	761462.610	4914638.396	1.166	-1.244	-5.144	-20.294
P14S	762477.431	4913842.103	1.604	-0.436	-20.956	
P15S	765656.695	4914924.154	1.544	0.164	-1.746	-2.846
P16S	766099.541	4912891.701	1.111	-0.239	-0.239	-1.999
P17S	764292.027	4912789.638	1.169	-0.411	-7.271	-20.151
P18S	766485.385	4910964.866	2.067	0.077	0.077	-7.033
P19S	764793.818	4910509.841	1.174	-0.126	-10.626	
P1N	756807.482	4934366.058	1.938	0.128	-1.912	-9.892

P1S	764351.391	4919175.251	0.363	-0.827	-0.827	-0.827
P2N	760668.402	4933232.799	1.641	-0.399	-0.399	-0.399
P2S	764728.667	4917881.879	1.029	-0.301	-0.301	-0.301
P3S	762750.809	4917607.107	0.513	-1.157	-1.157	-1.157
P4S	761715.328	4917496.176	0.292	-1.028	-2.528	-3.618
P5S	760382.553	4917138.233	1.195	-1.365	-1.365	
P6S	758429.384	4916489.635	-0.118	-2.558	-13.628	-14.438
P8S	757463.253	4916678.408	0.531	-1.909	-1.909	
P9S	754369.204	4916654.872	2.889	1.759	-4.011	
CNCA1	760083.850	4931518.360	0.000	0.000	0.000	0.000
CNCA2	760925.820	4928829.950	0.000	0.000	0.000	0.000
CNCA3	760457.760	4927253.550	0.000	0.000	0.000	0.000
CNCA5	759986.000	4927358.920	0.000	0.000	0.000	0.000
CNCA6	759978.120	4927356.750	0.000	0.000	0.000	0.000
CNLA1	764207.960	4921448.470	0.000	0.000	0.000	0.000
CNLA2	763239.320	4921598.420	0.000	0.000	0.000	
CNLA3	761761.060	4925629.540	0.000	0.000		
CNMM1	765959.150	4908242.200	0.000	0.000	0.000	0.000
CNMM2	766856.350	4908456.750	0.000	0.000	0.000	0.000
CNMM3	767191.160	4907728.650	0.000	0.000	0.000	0.000
CNMM4	767352.650	4906678.240	0.000	0.000	0.000	0.000
CNMM5	766593.300	4910791.840	0.000	0.000	0.000	0.000
CVLA2	760781.900	4924036.310	0.000	0.000	0.000	
CVLS1	765636.040	4911637.420	0.000	0.000	0.000	-5.300
SAM1	765960.940	4911342.800	0.000	0.000		
SCLD1	764374.000	4920077.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SCLD2	764353.260	4919766.880	0.000	0.000	0.000	0.000
SCLD3	764333.660	4919627.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SCLD4	764326.800	4919632.290	0.000	0.000	0.000	0.000
SCLD9	764430.970	4918768.660	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMM6	766452.180	4910659.990	0.000	0.000	0.000	-0.400
SCMR1	760606.720	4938062.920	0.000	0.000	0.000	-0.100
SCMR10	760368.290	4934487.420	0.000	0.000	0.000	-0.100
SCMR11	760487.630	4933993.390	0.000	0.000	0.000	-0.300
SCMR12	760445.480	4933720.970	0.000	0.000	0.000	
SCMR13	760323.030	4933664.140	0.000	0.000	0.000	
SCMR14	760367.590	4932916.770	0.000	0.000	-0.250	
SCMR15	760351.830	4932515.600	0.000	0.000	0.000	
SCMR16	760291.370	4932103.370	0.000	0.000	0.000	

SCMR2	760582.990	4937531.620	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMR3	760606.280	4937743.960	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMR4	760537.850	4937136.680	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMR5	760520.010	4936887.480	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMR6	760494.560	4936530.420	0.000	0.000	0.000	0.000
SCMR8	760439.500	4935523.150	0.000	0.000	0.000	-0.100
SCMR9	760425.510	4934979.270	0.000	0.000	0.000	-0.100
SCMRA1	760980.900	4928880.370	0.000	0.000		
SCMRA2	761160.700	4928271.950	0.000	0.000	0.000	
SCMRA3	760721.920	4927158.440	0.000	0.000	0.000	0.000
STCL10	763071.637	4915312.670	0.000	0.000		
STCL11	762622.553	4915084.650	0.000	0.000		
STCL12	761798.981	4915224.640	0.000	0.000		
STCL3	760431.277	4918854.490	0.000	0.000		
STCL9	762574.883	4916115.480	0.000	0.000	0.000	
STLA	764097.310	4921061.990	0.000	0.000	0.000	
STLDC	764287.520	4920732.200	0.000	0.000	0.000	
STLDE	764330.800	4919599.070	0.000	0.000	0.000	0.000
STLDEE	764449.700	4919520.450	0.000	0.000	0.000	-0.300
STLDN	764259.950	4920821.950	0.000	0.000	0.000	0.000
STLDS	764286.500	4920724.740	0.000	0.000	0.000	
STLDW	764304.380	4919627.670	0.000	0.000	0.000	0.000
Cerba Chiusa	757618.842	4930692.337	0.000	0.000	0.000	0.000
Chiaro Nord Cerba	757546.621	4932232.942	0.000	0.000	0.000	0.000
Stagno S. Vitale	757460.426	4930475.818	0.000	0.000	0.000	0.000
Stagno S. Vitale 2	757484.047	4930427.068	0.000	0.000	0.000	0.000
Chiaretto S. Vitale	757183.994	4930674.555	0.000	0.000		
Cerba	757523.918	4930675.484	0.000	0.000		
Piallassa Sud Cerba	757619.961	4930651.456	0.000	0.000	0.000	
Piallassa Nord Cerba	757626.253	4930743.185	0.000	0.000	0.000	-0.100
Chiaro Nord Cerba	757589.591	4930859.838	0.000	0.000		
Piallassa Cerba Sud	757788.104	4930669.839	0.000	0.000		
Piallassa Cerba Nord	757801.365	4930735.002	0.000	0.000	0.000	0.000
AC Chiaro Sud	758220.392	4930669.537	0.000	0.000		
AC Chiaro Nord	758214.009	4930756.323	0.000	0.000	0.000	0.000
AC Chiaro Sud 2	758329.595	4930589.309	0.000	0.000		
AC Chiaro Nord 2	758340.568	4930590.116	0.000	0.000	0.000	0.000
Chiaro Sud Cerba 2	757592.208	4930496.969	0.000	0.000		
Chiaro Sud Cerba 3	757631.000	4929464.798	0.000	0.000	-0.500	

Campagna di monitoraggio Dicembre 2010						
NOME	EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota	Quota Falda	Quota Soglia 3g/l	Quota Soglia 15 g/l
EMS1	757953.000	4916760.000	0.698	0.498	-8.352	
MF1	765361.000	4916283.000	2.037	0.857	0.857	-0.513
MF2	765306.000	4916250.000	1.616	0.816	-0.084	-0.584
MF3	765206.000	4916144.000	1.145	0.745	-1.255	-2.455
P10N	759592.023	4932644.059	0.952	0.332	0.332	0.332
P10S	759209.200	4915518.486	-1.695	-3.035	-3.035	
P11N	753140.009	4932513.730	1.977	-0.213	-0.213	-7.863
P12N	752920.117	4930257.026	1.275	-1.165	-1.165	-6.025
P12S	762567.780	4915303.341	1.000	0.180	-1.600	-13.700
P13N	761765.857	4927309.877	2.171	-0.509	-0.509	-4.029
P13S	761462.610	4914638.396	1.166	-1.274	-2.834	-18.134
P14N	760792.333	4926497.297	0.514	-0.906	-0.906	-7.146
P14S	762477.431	4913842.103	1.604	-0.466	-14.846	
P15N	754506.436	4926582.585	0.204	-0.696	-1.196	-5.446
P15S	765656.695	4914924.154	1.544	0.324	-0.506	-1.806
P16N	763214.427	4921836.143	0.881	0.011	-10.169	-10.519
P16S	766099.541	4912891.701	1.111	0.091	0.091	-20.489
P17N	760805.691	4921582.970	1.315	-0.065	-5.515	
P17S	764292.027	4912789.638	1.169	-0.281	-2.781	-16.481
P18N	758917.634	4921832.546	0.837	0.037	-11.363	
P18S	766485.385	4910964.866	2.067	0.247	-0.933	-7.033
P19S	764793.818	4910509.841	1.174	-0.046	-9.626	
P1N	756807.482	4934366.058	1.938	0.358	0.358	
P1S	764351.391	4919175.251	0.363	-0.647	-0.647	-0.647
P2N	760668.402	4933232.799	1.641	-0.359	-0.359	-0.359
P2S	764728.667	4917881.879	1.029	-0.161	-0.161	-0.771
P3N	760381.452	4938526.991	0.934	0.014	0.014	
P3S	762750.809	4917607.107	0.513	-1.037	-1.037	-10.787
P4N	758446.892	4938727.493	2.398	-0.812	-0.812	-4.952
P4S	761715.328	4917496.176	0.292	-0.878	-0.878	-3.358
P5N	760460.059	4936488.611	0.770	-0.120	-0.120	-0.120
P5S	760382.553	4917138.233	1.195	-1.325	-1.325	-23.105
P6N	757600.269	4936679.359	2.204	-0.246	-0.696	-10.896
P6S	758429.384	4916489.635	-0.118	-2.718	-10.918	-12.468
P7N	759833.015	4935328.273	1.826	0.766	0.766	0.766
P8N	756932.006	4935171.696	1.933	0.368	-0.917	-1.167

P9N	760436.699	4932363.124	0.955	-0.495	-4.145	-7.545
P9S	754369.204	4916654.872	2.889	2.269	-2.111	
PMSV6	756590.000	4928675.000	0.620	-0.170	-0.170	-2.180
PMSV7	756882.000	4930638.000	0.440	-0.310	-3.360	-3.620
PMSV8	757484.000	4929151.000	1.000	0.120	0.120	-4.600
PZSV10	756657.000	4932041.000	1.620	-0.130		
PZSV11	756713.000	4932885.000	1.780	0.100	-3.220	
PZSV12	757478.000	4932938.000	1.470	0.210	0.210	0.210
PZSV16	757499.000	4935466.000	1.330	0.410	0.410	-1.570
PZSV18	755774.000	4934517.000	1.200	0.420	-3.450	
PZSV19	757664.000	4936256.000	1.830	0.140	0.140	-3.570
PZSV21	758121.000	4937890.000	1.540	-1.500	-4.360	
PZSV23	756298.090	4930655.908	0.650	-0.610	-7.210	-9.750
PZSV24	756659.795	4931262.314	0.650	-0.320	-0.320	
PZSV26	755821.452	4930393.400	0.070	-0.460	-6.430	-8.780
PZSV28	756771.809	4930124.598	0.690	-0.360	-0.360	-3.160
PZSV30	757428.819	4930482.465	0.850	0.075	0.075	0.075
PZSV31	757451.060	4930176.392	0.720	-0.060	-0.060	-0.060
PZSV32	755740.162	4929537.659	0.460	-0.560	-0.560	-0.560
PZSV34	756816.117	4929557.615	1.400	-0.250	-0.250	-9.900
PZSV36	757502.292	4929649.290	0.820	-0.240	-0.240	-0.240
PZSV37	755775.906	4928939.745	0.470	-0.500	-0.500	-0.500
PZSV9	757177.000	4932025.000	1.830	0.230	0.030	-3.170

9.5 Dati Minifiltri

Coordinate geografiche e profondità dei vari filtri dei sistemi a minifiltri				
		EST_UTM_ED50	NORD_UTM_ED50	Quota P.C. m.s.l.m.
	MF1	765361,00	4916283,00	1,857
N° filtro	Quota Filtro m.s.l.m.			
8				
7				
6	-0,843			
5	-1,343			
4	-1,843			
3	-2,343			
2	-2,843			
1	-3,343			
	MF2	765306,00	4916250,00	1,106
N° filtro	Quota Filtro m.s.l.m.			
8	-0,619			
7	-1,119			
6	-1,619			
5	-2,119			
4	-2,619			
3	-3,119			
2	-3,619			
1	-4,119			
	MF3	765206,00	4916144,00	0,49
N° filtro	Quota Filtro m.s.l.m.			
8	-1,16			
7	-1,66			
6	-2,16			
5	-2,66			
4	-3,16			
3	-3,66			
2	-4,16			
1	-4,66			