Copia conforme all'orginale

Firmato digitalmente
da Arch Maurizio Ostini
Data: 2013.05.06
17:39:25 +02'00'

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE

DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI IN SITO

RELAZIONE SULLE INDAGINI INDIRETTE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

WBS

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTE DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	IN	B2	000	GE00	000	RS	002	A

I. D.

DATA Feb. 2009

SCALA -

PROGETTAZIONE

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Massimo Raccosta

DATA	REVISIONE	
Feb. 2009	EMISSIONE	A

ELABORAZIONE PROGETTUALE

TECHNITAL

PROGETTISTA: Dott. Ing. Massimo RACCOSTA

DIRETTORE TECNICO: Dott. Ing. Massimo RACCOSTA

Redatto: PAMPANIN

Visto: RIZZO

Approvato: RENSO

CONCEDENTE

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

CONCESSIONARIO

Autostrada Pedemontana Lombarda

Direttore Tecnico: Dott. Ing. Giuliano Lorenzi
Coordinatore Tecnico Operativo: Dott. Arch. Giovanni Cannito
Referente Tecnico: Dott. Matteo Colombo

VERIFICA E VALIDAZIONE

ITALSOCOTEC S.p.A.
SOCOTEC S.p.A.
CONTECO S.p.A.

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.
This document may not be copied, reproduced or published either in part or entirely without the written permisson of Autostrada Pedemontana Lombarda S. p. A. Unauthorized use will be persecuted by law.

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI IN SITO

RELAZIONE INDAGINI INDIRETTE

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

INDICE

1. GENERALITA' 3
2. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE 4
2.1. PERSONALE E STRUMENTAZIONI IMPIEGATE 4
2.1.1. Generalità 4
2.1.2. Risorse coinvolte 5
2.2. METODOLOGIE ESECUTIVE DEI RILIEVI 5
2.2.1. Rilievo sismico a rifrazione 5
2.3. METODOLOGIA INTERPRETATIVA 7
2.3.1. Rilievo sismico a rifrazione 7
2.4. ANALISI DEI RISULTATI 8
2.4.1. Monografie profili sismici a rifrazione 8
3. TOMOGRAFIE ELETTRICHE 40
3.1. Indagini di I^ fase 40
3.2. Indagini di II^ fase 40

1. GENERALITA'

L'indagine geognostica è stata completata mediante metodologia geofisica consistente in prospezione sismica a rifrazione con elaborazione tomografica e stendimenti topografici elettrici.

La campagna d'indagine è stata suddivisa in due fasi: la prima è stata appaltata direttamente dalla Società Autostrada Pedemontana S.p.A., la seconda è stata appaltata dal Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde, incaricato della Progettazione Definitiva delle opere.

Oggetto della presente relazione sono nel dettaglio le indagini indirette di seconda fase, in particolare gli stendimenti sismici a rifrazione e le indagini tomoelettriche in località Cesano Maderno (ex Cava Girardi) e Meda (Stadio Comunale e Bosco delle Querce). Il dettaglio dei risultati degli stendimenti a rifrazione è riportato nel cap. 2 della presente relazione, mentre nell'Allegato 1 è fornito il dettaglio delle analisi topografiche elettriche di seconda fase.

Nell'Allegato 2 alla presente relazione viene fornito il rapporto relativo alle indagini tomoelettriche effettuate nella prima fase della campagna d'indagini nel comune di Meda.

La campagna d'indagine è stata condotta sulla base del Progetto delle indagini fornito dalla Committente, ed è stata adattata alle esigenze di parametrizzazione geotecnica per le opere previste in progetto, considerando inoltre le risultanze emerse nel corso della prima fase della campagna d'indagine.

2. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Lo scopo dell'indagine a rifrazione è stato quello di determinare, nei tratti interessati dalle maggiori opere, le caratteristiche morfologiche, sismostratigrafiche e di consistenza differenziata dei depositi di copertura eluvio-colluviali e del substrato roccioso.

Si è proceduto effettuando complessivamente n°4 allineamenti sismici a rifrazione di lunghezza variabile tra 220 e 440 m per complessivi 1210 metri lineari di stendimento sulla superficie topografica suddivisi in altrettante linee.

Le linee sismiche sono state elaborate con metodologia tomografica; sono state sempre acquisite ad onde di compressione P.

Tutte le linee richieste sono state realizzate ove previste nel piano di indagine.

In allegato alla presente relazione tecnica sono riportati gli elaborati cartografici che rappresentano sia l'ubicazione degli stendimenti mediante planimetria, sia le sezioni sismiche con la distribuzione mediante isolinee e campiture di colore della velocità delle onde di compressione Vp in km/sec.

Di seguito si riporta il dettaglio delle indagini:

Profilo n°	Interdistanza geofoni (ml)	N° geofoni	Lunghezza ml
RF 01	5	72	330
RF 02	5	48	220
RF 03	5	48	220
RF 04	5	96	440

2.1. PERSONALE E STRUMENTAZIONI IMPIEGATE

2.1.1. Generalità

Per l'esecuzione delle misure sperimentali sono state utilizzate le seguenti strumentazioni ed attrezzature :

Apparecchiatura	**Strumentazione per indagini sismiche a rifrazione**	**n°**
Sistema acquisizione dati	Sismografo ECHO 12-24/2002 seismic unit Computer portatile hp per la registrazione delle onde P	1 1
Sistema di ricezione	Geofoni verticali con frequenza pari a 14 Hz Cavo di collegamento per geofoni – 12 prese con spaziatura 5 ml	24 2
Trigger	Dispositivo inerziale meccanico montato su mazza battente	
Sistema energizzante	Massa battente da 8 kg	

2.1.2. Risorse coinvolte

Per l'esecuzione della prospezione di campagna e della relativa interpretazione in ufficio, sono state coinvolte le seguenti risorse:

Responsabile dell'incarico
Prospettore geofisico
Responsabile Assicurazione Qualità per prospezione
Interpretazione rilievi sismici
Editing

2.2. METODOLOGIE ESECUTIVE DEI RILIEVI

2.2.1. Rilievo sismico a rifrazione

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P), secondo fasi d'acquisizione differenti e determinare le geometrie sepolte (spessori e superfici di contatto) dei sismostrati individuati.

Teoricamente si suppone che, nell'ambito della porzione di sottosuolo indagata, la distribuzione delle velocità sismiche sia crescente con la profondità; questa, infatti, è la

condizione necessaria affinché si verifichi il fenomeno della doppia rifrazione, attraverso il quale, il treno d'onde sismico generato è in grado di essere registrato dai geofoni posti in superficie. In caso contrario avviene il fenomeno cosiddetto dell'"orizzonte muto o cieco", ossia si è nell'impossibilità di poter distinguere ed individuare strati con velocità di propagazione delle onde sismiche inferiori rispetto ai livelli sovrastanti.

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, delle sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale (geofoni).

Il rilievo sismico a rifrazione è consistito nell'acquisizione di una serie di profili in corrispondenza di alcune aree indicate dalla Committenza

Nello specifico le principali caratteristiche del rilievo sono state le seguenti:

Spaziatura dei geofoni : 5 metri

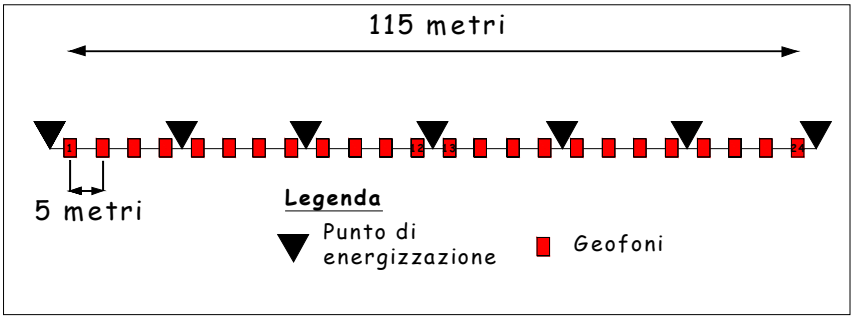
Spaziatura dei tiri : 15 metri (ogni 3 geofoni)

20 metri (ogni 4 geofoni)

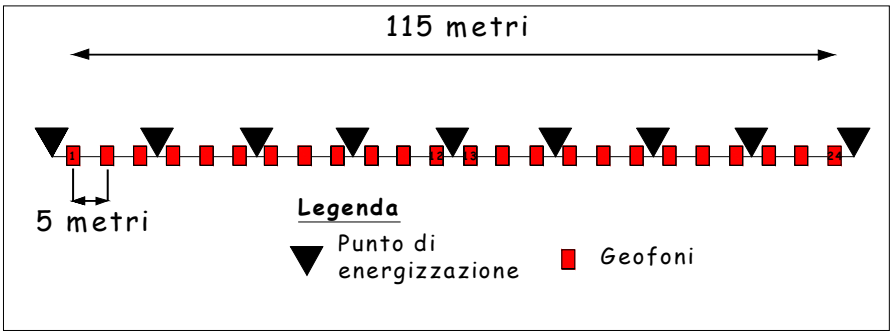
Sorgente : massa battente 8 kg

Di seguito si riportano gli schemi degli array sismici utilizzati per le basi da 115 m, rispettivamente con 7 e 9 battute con sistema ricevente composto da 24 geofoni (schema *a* e *b*) e da 55 m con sistema ricevente composto da 12 geofoni (schema *c*) utilizzati per lo svolgimento dell'indagine:

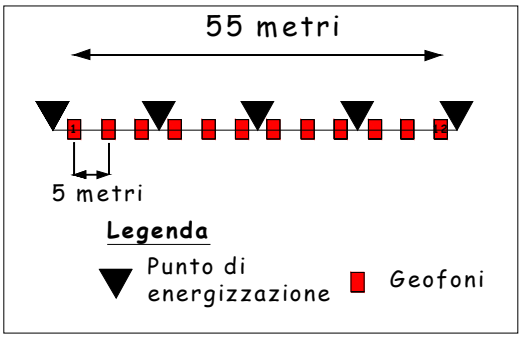
a)



b)



c)



Come sistema energizzante per la generazione delle onde P è stata adottata una massa battente da 8 kg in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione polarizzate su piani orizzontali (ed eventualmente anche verticali).

Il sistema d'acquisizione dati è di tipo multicanale ed è in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

2.3. METODOLOGIA INTERPRETATIVA

2.3.1. Rilievo sismico a rifrazione

Tramite apposito software (Firstpix – Interpex ltd), sono stati letti i tempi di "primo arrivo" degli impulsi sismici ai vari geofoni (raggi diretti e rifratti).

I diagrammi spazio-tempo ottenuti (Dromocrone sismiche) sono state successivamente elaborati con l'utilizzo di un pacchetto software – proprietario, - di inversione tomografica bidimensionale. La procedura di elaborazione ha comportato una prima fase di ricostruzione dei percorsi dei raggi sismici tramite un algoritmo di "ray-tracing".

Successivamente la sezione indagata è stata suddivisa in celle di dimensioni regolari (circa 5x5 m) che sono attraversate dai molteplici raggi sismici compresi tra i punti di battuta e i punti di ricezione. La prima fase di "processing" prevede il calcolo, a partire da un semplice modello iniziale, di un modello "diretto" che risolve l'equazione d'onda mediante il calcolo dell'equazione "eikonale". La successiva inversione è basata su un algoritmo di ottimizzazione e regolarizzazione basata sul metodo di Tikonov. La routine di "inversione" bidimensionale assegna quindi una velocità teorica ad ogni singola cella e per iterazioni successive calcola la velocità "reale" da assegnare alla stesse. Le iterazioni vengono ripetute fino al raggiungimento del minor scarto possibile tra i valori di velocità teorica e calcolata espresso come "errore RMS", errore quadratico medio.

Il risultato finale dell'elaborazione è quindi rappresentato da una griglia regolare di valori di velocià sismica che sono stati successivamente elaborati tramite le routine di "gridding" e "countoring" di Surfer 8 della Golden Software.

2.4. ANALISI DEI RISULTATI

2.4.1. Monografie profili sismici a rifrazione

L'interpretazione della prospezione sismica a rifrazione è stata mirata alla caratterizzazione dei terreni, mediante la ricostruzione dei profili di velocità delle onde P nei livelli di terreno indagati.

L'interpretazione con metodo tomografico ha previsto la suddivisione dello spazio bidimensionale in celle, secondo una maglia quadrata di lato 5 m , attribuendo ad ognuna di queste un determinato valore di velocità.

I valori di velocità sismica di ogni singola cella, sono stati rappresentati con una scala colorimetrica.

Infine sono state disegnate le curve di isovelocità che delimitano aree aventi lo stesso incremento di velocità sismica.

L'interpretazione dei profili è riportata nelle tavole allegate, dove sono descritti graficamente i seguenti elementi:

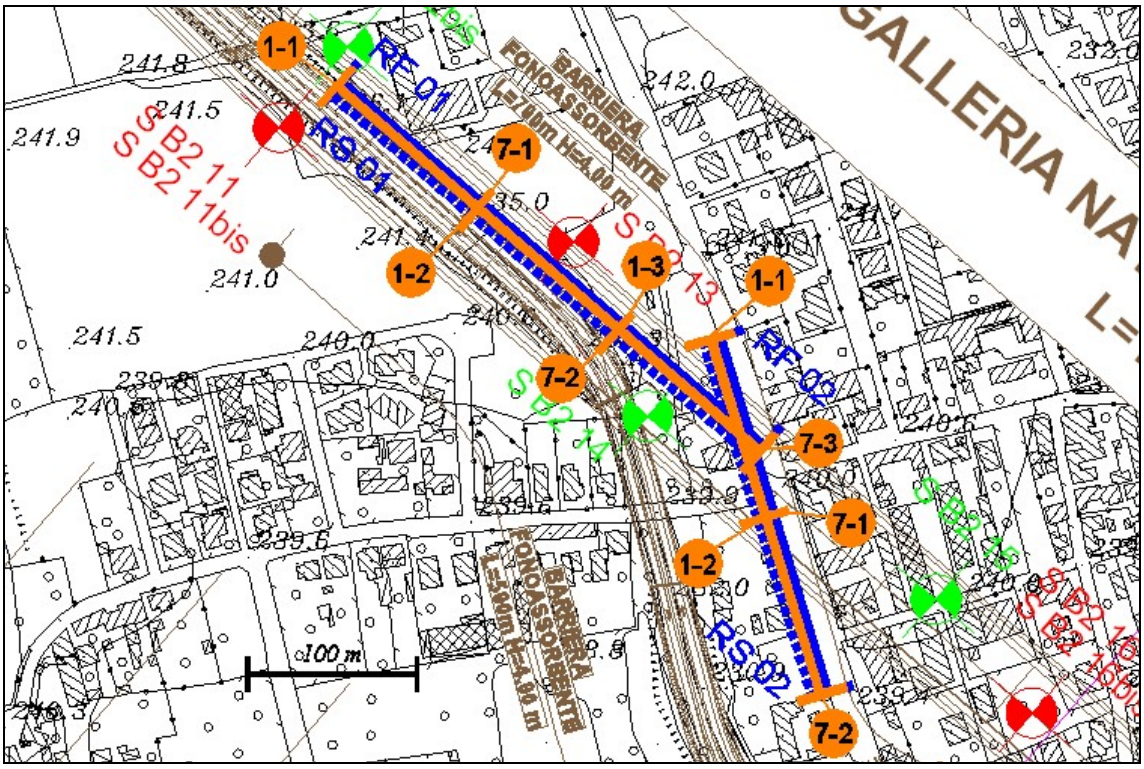
- *le dromocrone (grafico spazio – tempo), sperimentali e calcolate, le cui pendenze rappresentano le velocità delle onde "P" dei vari rifrattori sismici;*

- *il profilo sismico a rifrazione onde "P" elaborato con metodologia tomografica.*

Di seguito viene riportata la descrizione dell'interpretazione nelle diverse aree indagate.

Profilo sismico RF 01

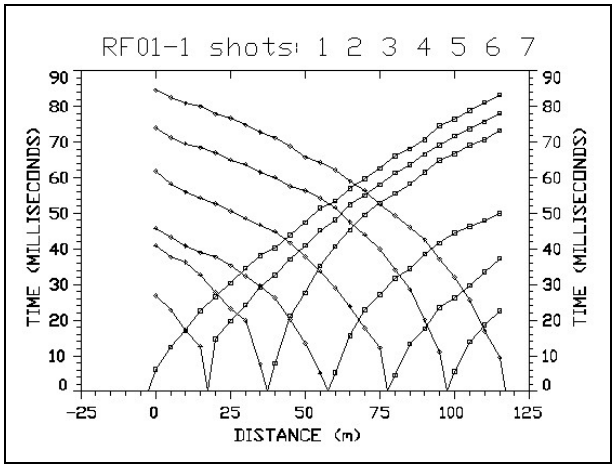
Ubicazione

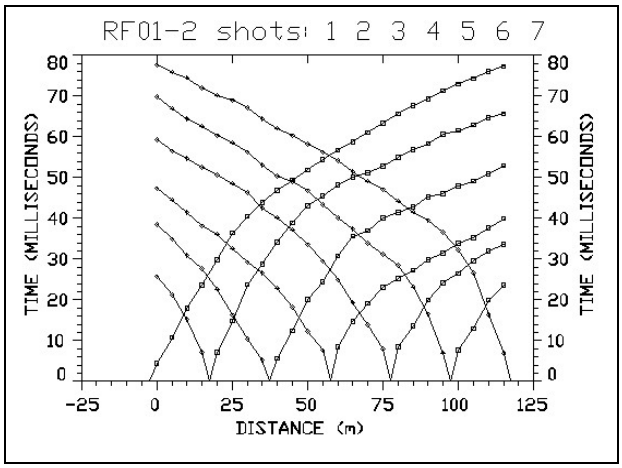


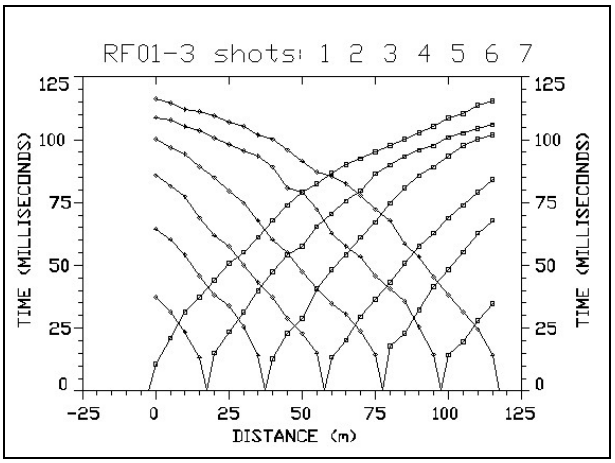
Questo profilo, composto da n° 3 basi (base 1, 2, 3) da 24 geofoni per un totale di 345 ml, interseca a 15 m dall'estremità sud il profilo RF 02.

Il profilo si presenta subpianeggiante.

Dromocrone

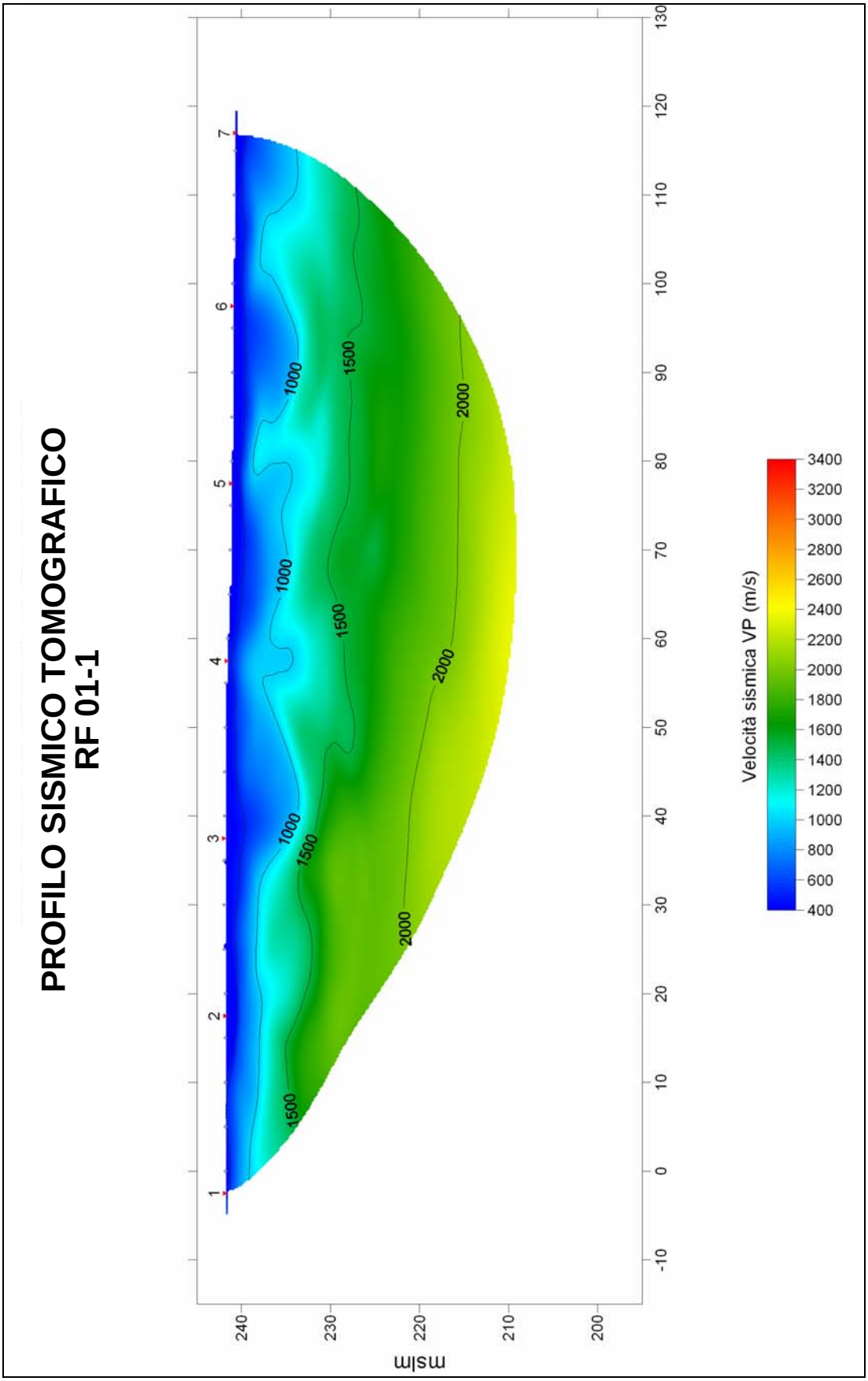


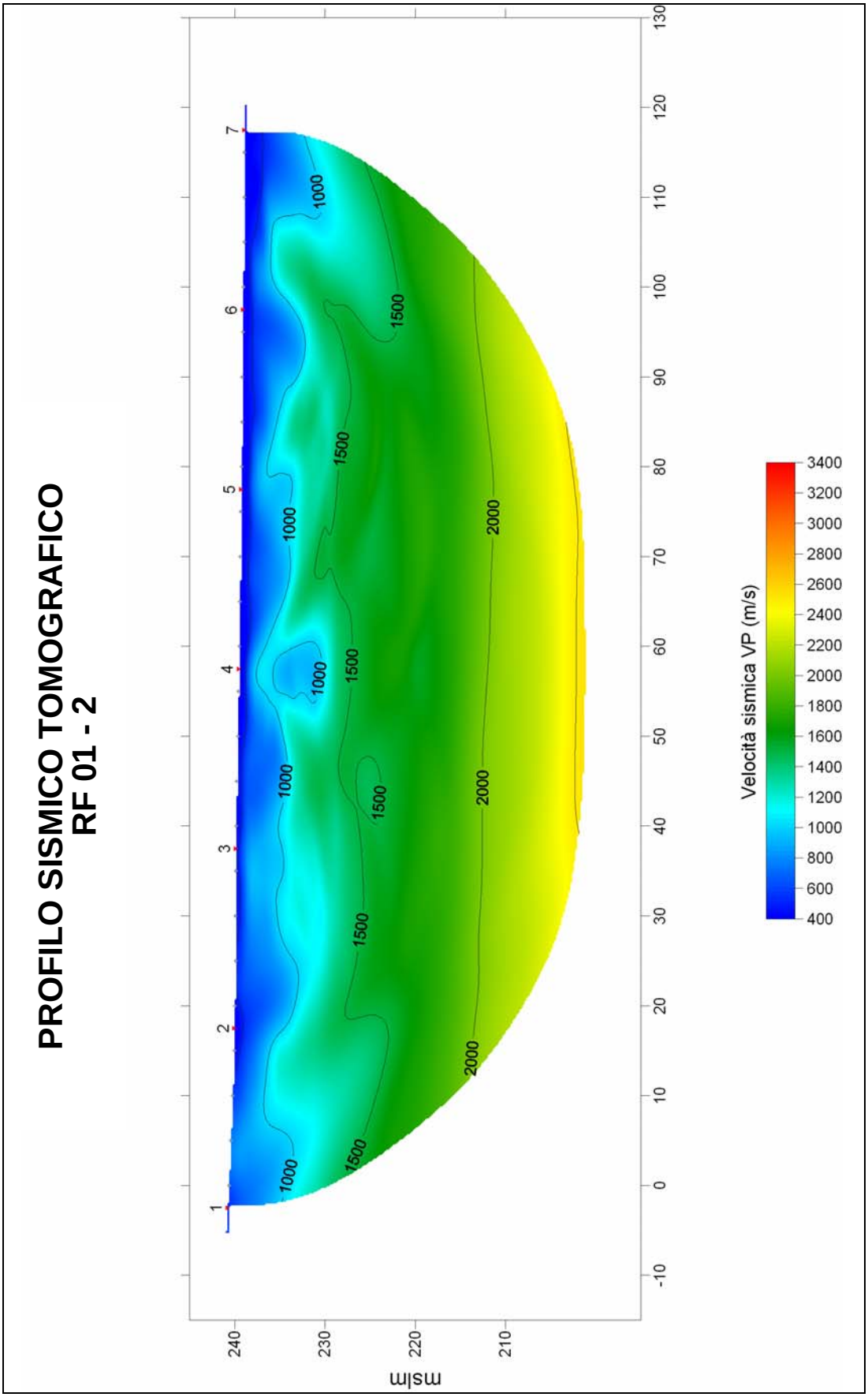


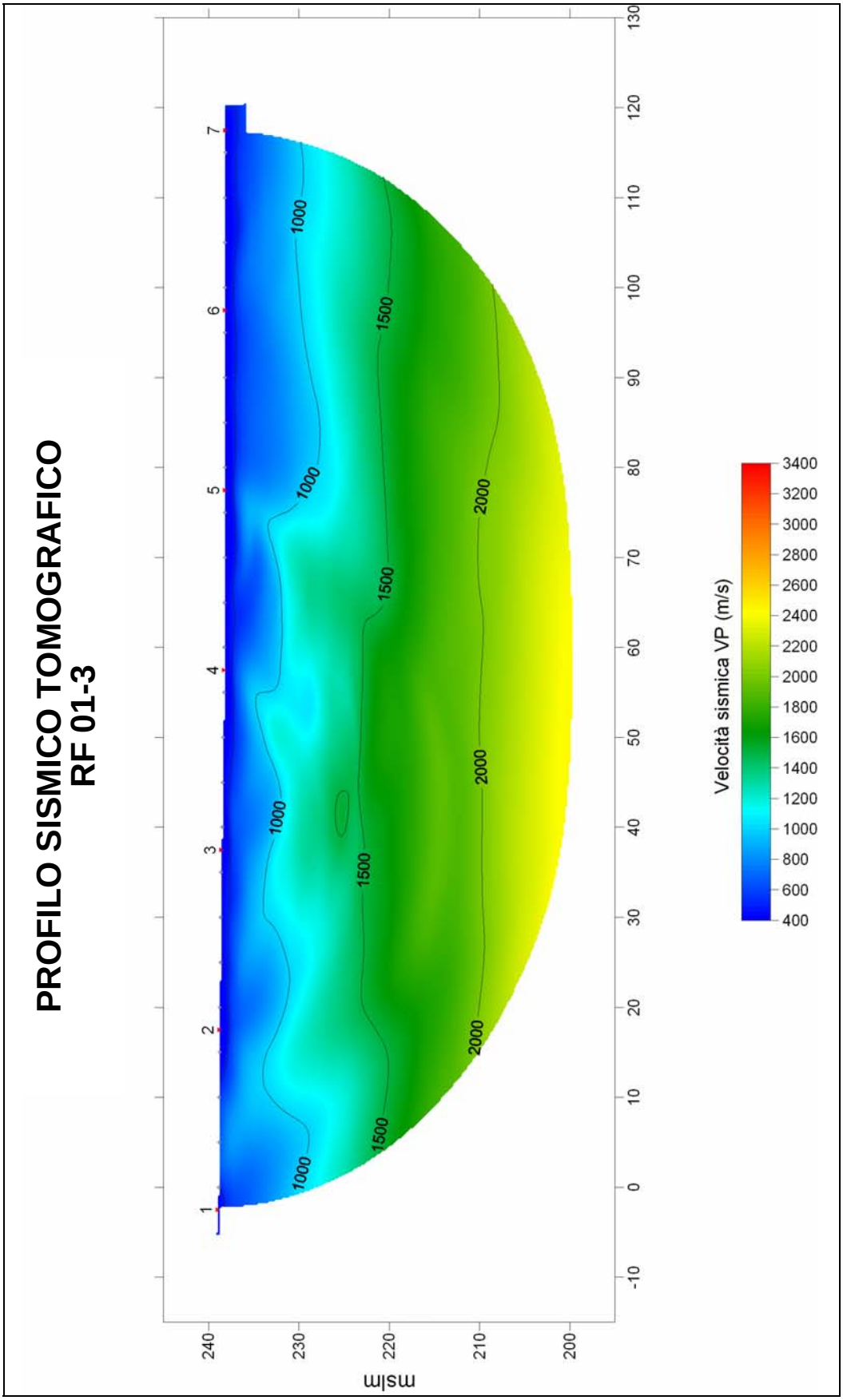

RF01-3 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
125
100
75
50
25
0
-25
0
25
50
75
100
125
DISTANCE (m)

RF 01 - 1

Coordinate Gauss-Boaga estremi del profilo intero			
Estremo NO	5057355 N	1509273 E	
Estremo SE	5057136 N	1509525 E	
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	241,823	
2	5	241,815	
3	10	241,801	
4	15	241,815	
			2
5	20	241,795	
6	25	241,968	
7	30	241,952	
8	35	241,967	
			3
9	40	241,897	
10	45	241,886	
11	50	241,804	
12	55	241,756	
			4
13	60	241,568	
14	65	241,335	
15	70	241,269	
16	75	241,22	
			5
17	80	241,123	
18	85	241,058	
19	90	241,004	
20	95	240,985	
			6
21	100	240,99	
22	105	240,816	
23	110	240,821	
24	115	240,702	
			7


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 01-1
msl m
240
230
220
210
200
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 01 - 2
msl m
240
230
220
210
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 01-3
msl m
240
230
220
210
200
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400

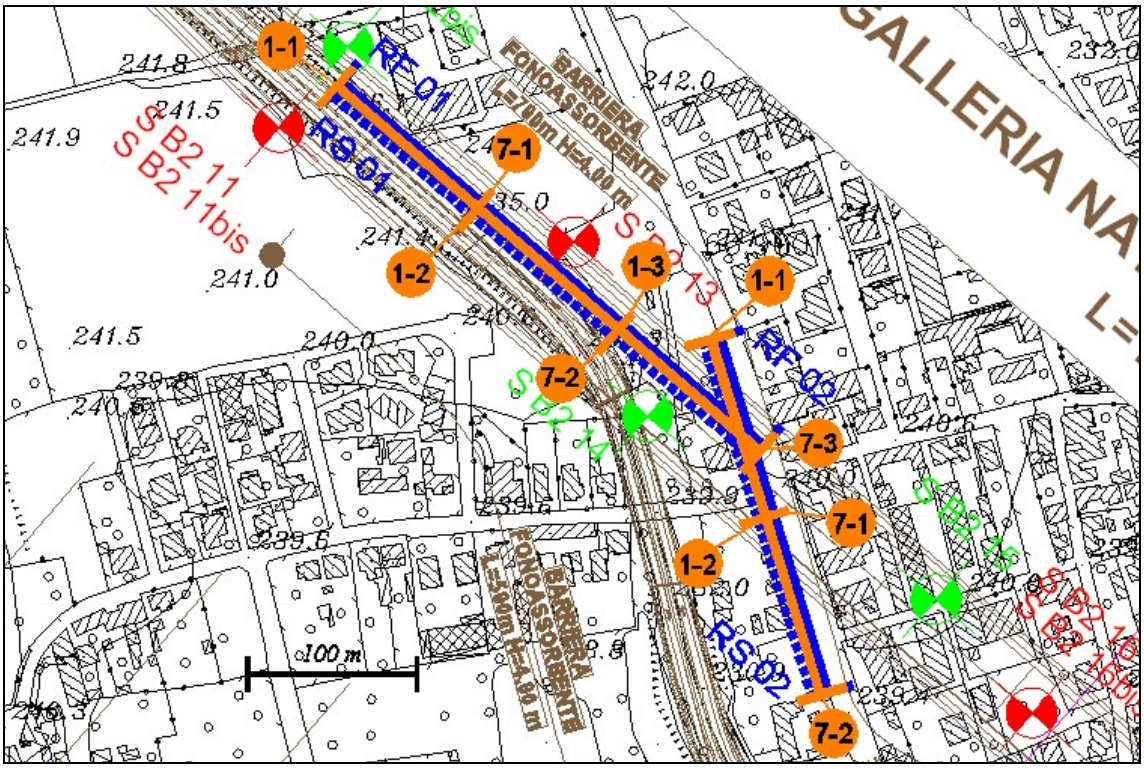
L'interpretazione del profilo evidenzia la presenza di un terreno superficiale caratterizzato da velocità inferiori a 1.000 m/s, dello spessore medio di 7-8 m. Si evidenziano numerose irregolarità prive tuttavia di particolare importanza. Al di sotto di esso si trova uno strato di 20-25 m di spessore caratterizzato da velocità comprese tra 1.000 e 2.000 m/s che si approfondisce fino a 200-210 m slm, quota in cui compare il corpo rifrattore.

Intersezione RF 01 - RF 02

Nel punto di intersezione tra i due profili (m 100 RF 01-3 – m 75 RF 02-1) l'isolinea 2.000 m/s viene individuata alla quota di 200-210 m slm circa.

Profilo sismico RF 02

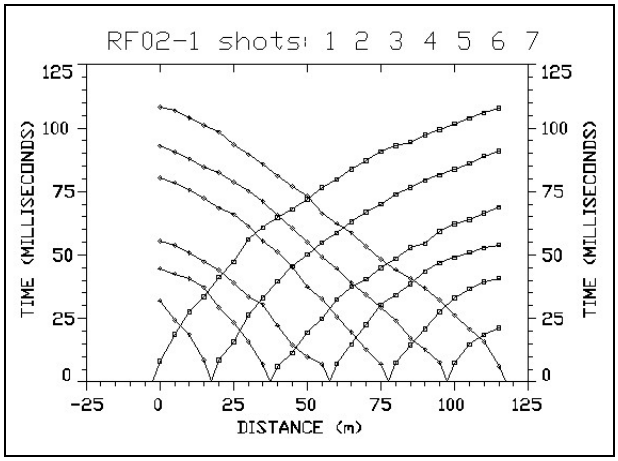
Ubicazione

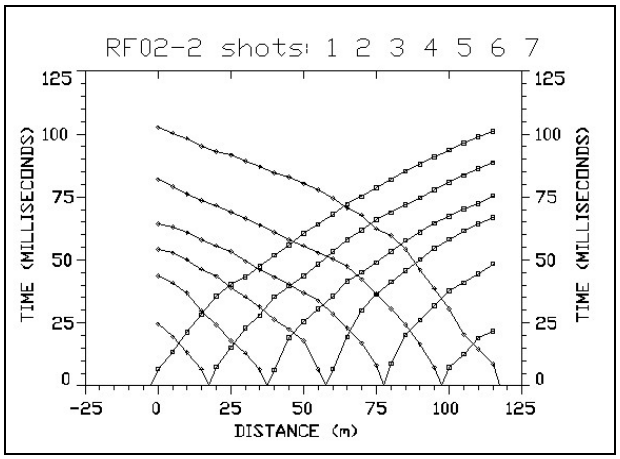


Questo profilo, composto da n° 2 basi (base 1, 2) da 24 geofoni per un totale di 230 ml, interseca a 60 m dall'estremità nord il profilo RF 01.

Il profilo si presenta subpianeggiante.

Dromocrone


RF02-1 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
DISTANCE (m)
125
100
75
50
25
0
-25
0
25
50
75
100
125

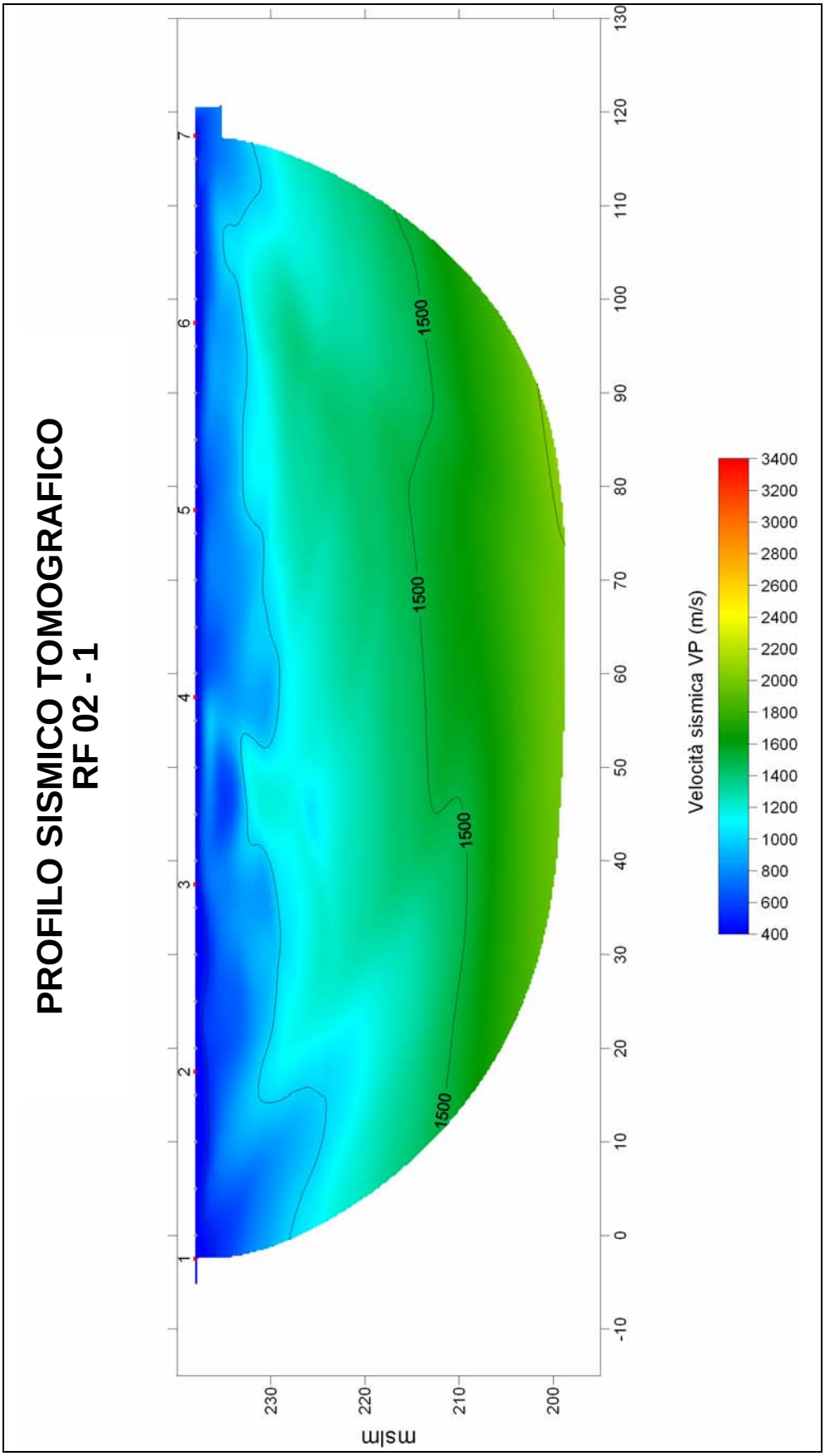

RF02-2 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
DISTANCE (m)
125
100
75
50
25
0
-25
0
25
50
75
100
125

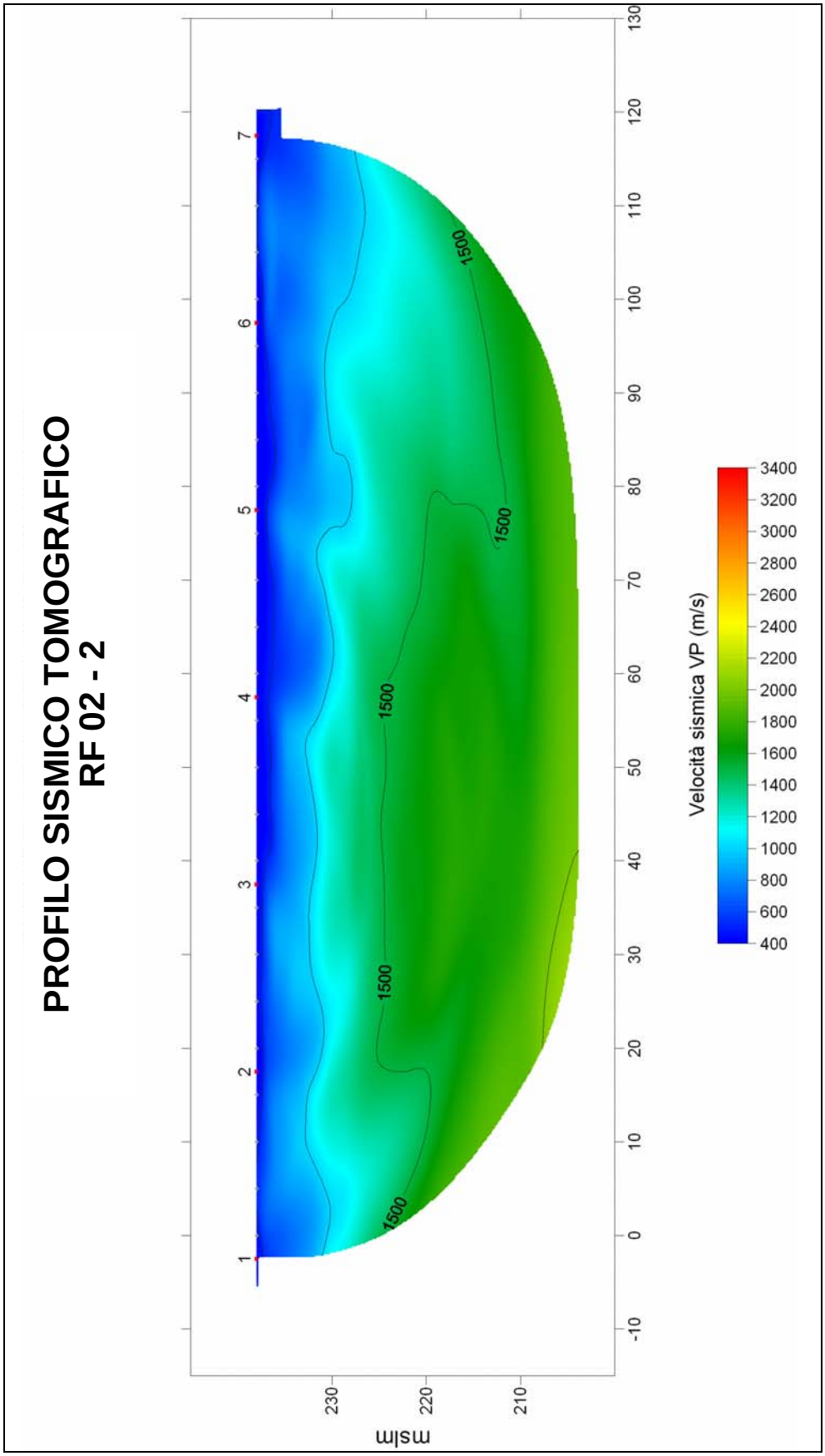
RF 02 - 1

Coordinate Gauss-Boaga estremi del profilo intero			
Estremo Nord	5057202 N	1509496 E	
Estremo Sud	5056995 N	1509560 E	
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	238,220	
2	5	238,245	
3	10	238,295	
4	15	238,304	
			2
5	20	238,336	
6	25	238,314	
7	30	238,284	
8	35	238,241	
			3
9	40	238,249	
10	45	238,296	
11	50	238,261	
12	55	238,244	
			4
13	60	238,234	
14	65	238,233	
15	70	238,276	
16	75	238,223	
			5
17	80	238,227	
18	85	238,244	
19	90	238,201	
20	95	238,279	
			6
21	100	238,306	
22	105	238,331	
23	110	238,318	
24	115	238,217	
			7

RF 02 - 2

Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	238,293	
2	5	238,284	
3	10	238,287	
4	15	238,281	
			2
5	20	238,295	
6	25	238,266	
7	30	238,279	
8	35	238,234	
			3
9	40	238,302	
10	45	238,311	
11	50	238,244	
12	55	238,263	
			4
13	60	238,299	
14	65	238,285	
15	70	238,238	
16	75	238,223	
			5
17	80	238,244	
18	85	238,254	
19	90	238,201	
20	95	238,266	
			6
21	100	238,241	
22	105	238,209	
23	110	238,286	
24	115	238,188	
			7


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 02 - 1
msl m
230
220
210
200
1
2
3
4
5
6
7
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1500
1500
1500
1500
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 02 - 2
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
1500
mslm
230
220
210
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7

Interpretazione profilo sismico tomografico

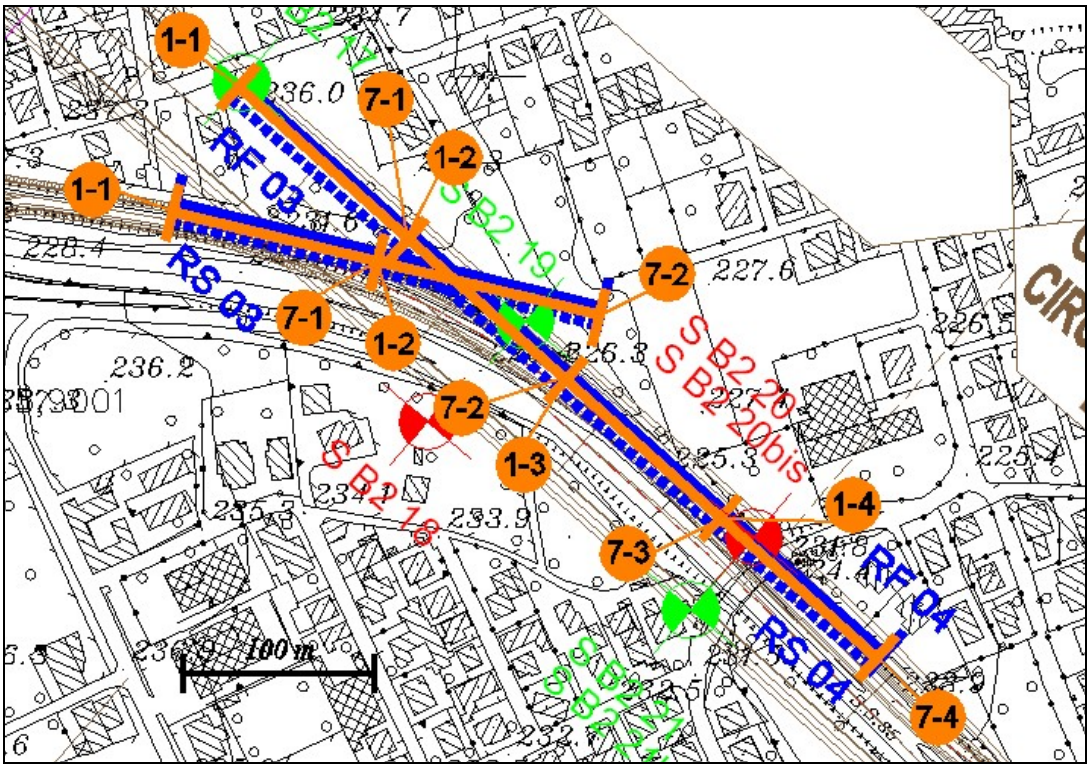
L'interpretazione del profilo evidenzia la presenza di un terreno superficiale caratterizzato da velocità inferiori a 1.000 m/s con spessore medio di 8-10 m. Al di sotto di esso si trova uno strato che presenta velocità comprese tra 1.000 e 2.000 m/s che si approfondisce fino alla quota investigata (200 m slm).

Intersezione RF 01 - RF 02

Nel punto di intersezione tra i due profili (m 100 RF 01-3 – m 75 RF 02-1) l'isolinea 2.000 m/s viene individuata alla quota di 200-210 m slm circa.

Profilo sismico RF 03

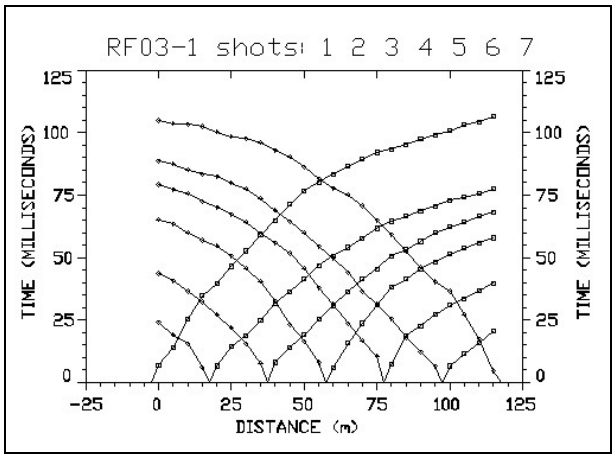
Ubicazione

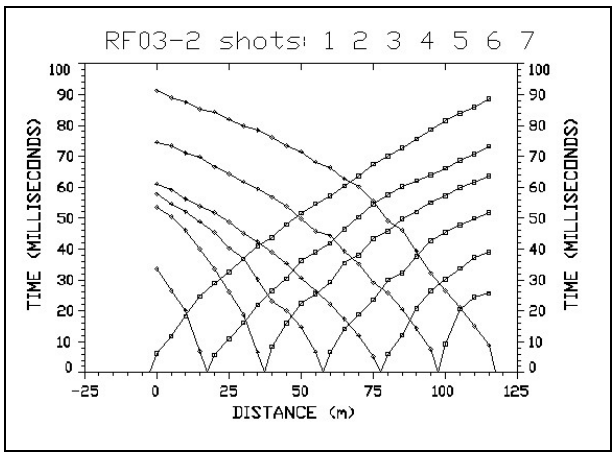


Questo profilo, composto da n° 2 basi (base 1, 2) da 24 geofoni per un totale di 230 ml, interseca al m 40 della base 2 il profilo RF 04.

Il profilo si presenta subpianeggiante.

Dromocrone



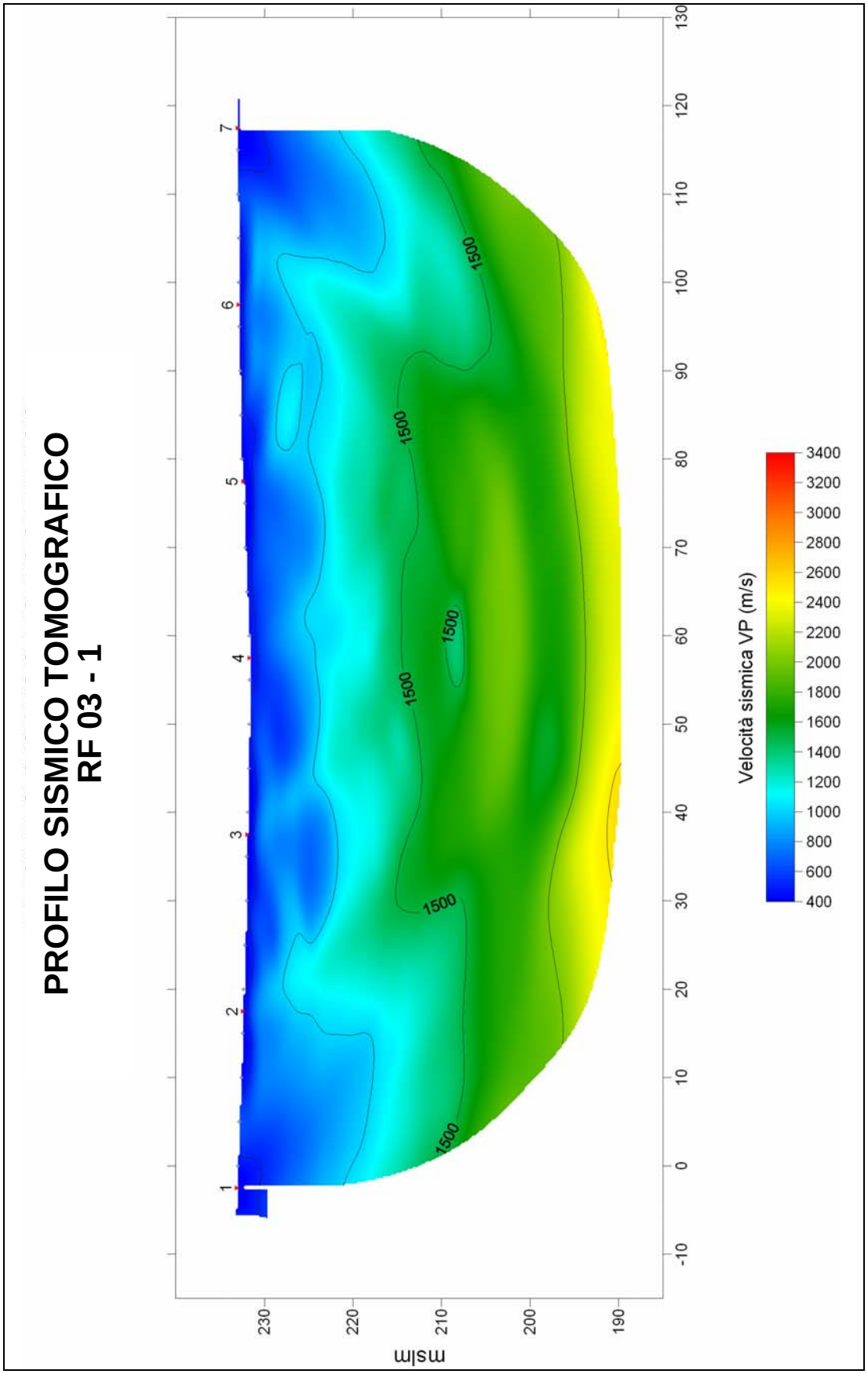


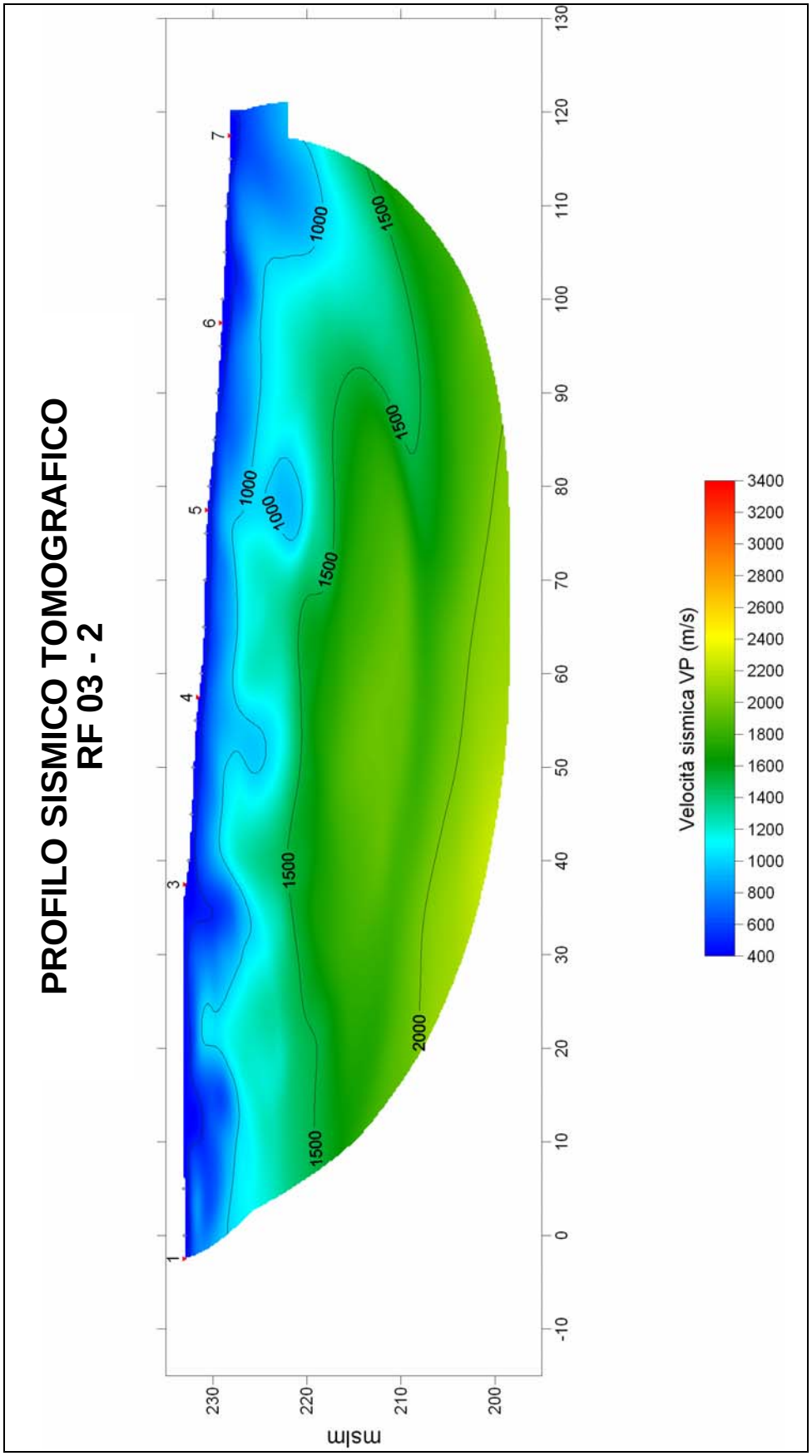
RF 03 - 1

Coordinate Gauss-Boaga estremi del profilo intero			
Estremo Ovest	5056852 N	1509762 E	
Estremo Est	5056799 N	1509983 E	
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	233,012	
2	5	232,861	
3	10	232,614	
4	15	232,441	
			2
5	20	232,339	
6	25	232,197	
7	30	232,015	
8	35	231,995	
			3
9	40	231,874	
10	45	231,777	
11	50	231,699	
12	55	231,662	
			4
13	60	231,714	
14	65	231,955	
15	70	232,153	
16	75	232,186	
			5
17	80	232,566	
18	85	232,661	
19	90	232,779	
20	95	232,882	
			6
21	100	232,894	
22	105	232,901	
23	110	232,992	
24	115	233,012	
			7

RF 03 - 2

Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	233,074	
2	5	233,101	
3	10	233,124	
4	15	233,209	
			2
5	20	233,214	
6	25	233,266	
7	30	233,269	
8	35	233,275	
			3
9	40	232,611	
10	45	232,308	
11	50	231,517	
12	55	231,248	
			4
13	60	231,077	
14	65	230,979	
15	70	230,885	
16	75	230,776	
			5
17	80	230,449	
18	85	229,884	
19	90	229,551	
20	95	229,247	
			6
21	100	228,994	
22	105	228,759	
23	110	228,614	
24	115	228,185	
			7


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 03 - 1
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
msl
230
220
210
200
190
1500
1
2
3
4
5
6
7
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 03 - 2
msl m
230
220
210
200
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
3
4
5
6
7
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400

Interpretazione profilo sismico tomografico

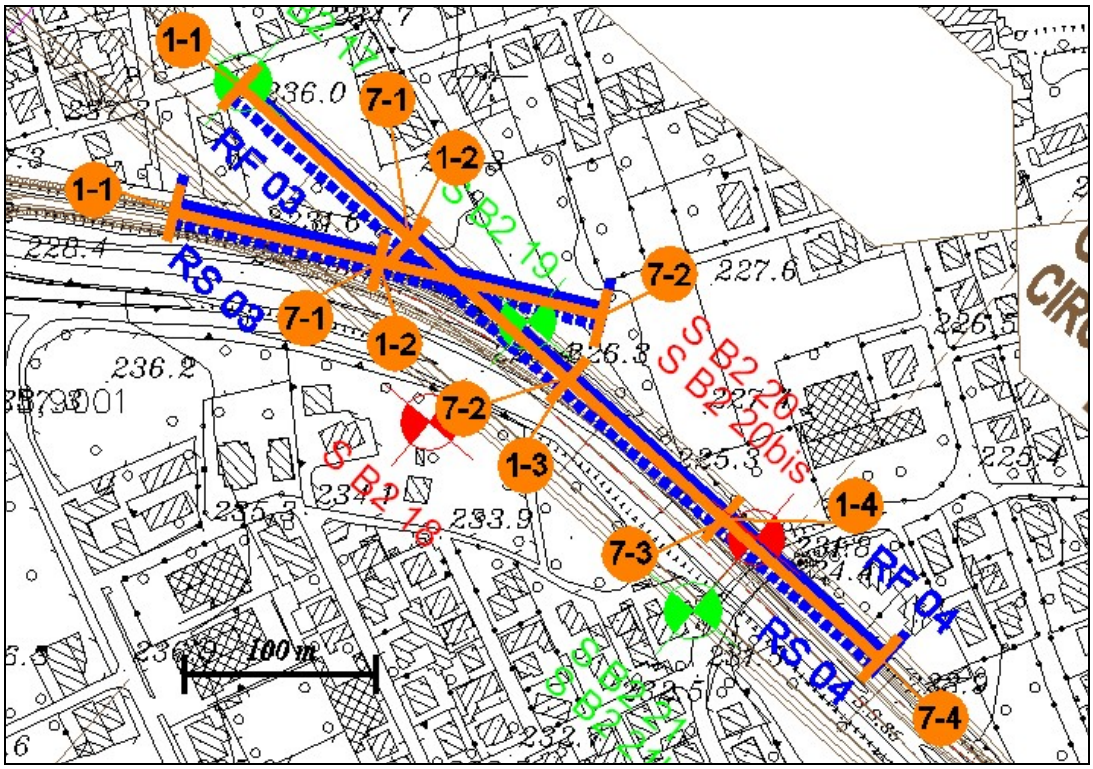
L'interpretazione del profilo evidenzia la presenza di un terreno superficiale caratterizzato da velocità inferiori a 1.000 m/s, dello spessore medio di 10 m. Si evidenziano diverse irregolarità prive tuttavia di particolare importanza. Al di sotto di esso si trova uno strato che presenta velocità comprese tra 1.000 e 2.000 m/s che si approfondisce fino alla quota investigata (200 m slm).

Intersezione RF 03 - RF 04

Nel punto di intersezione tra i due profili (m 40 RF 03-2 – m 33 RF 04-2) l'isolinea 2.000 m/s viene individuata alla quota di 200 m slm circa.

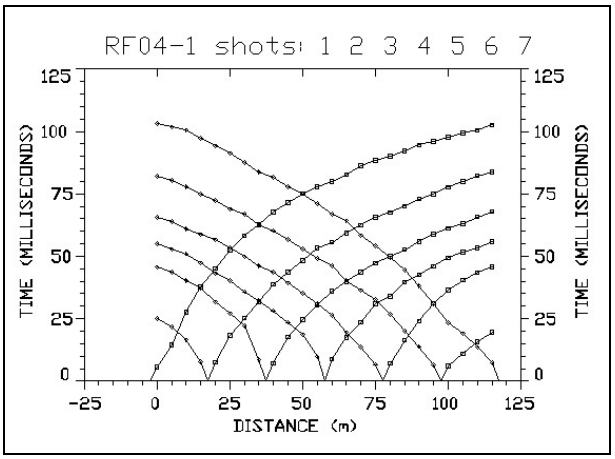
Profilo sismico RF 04

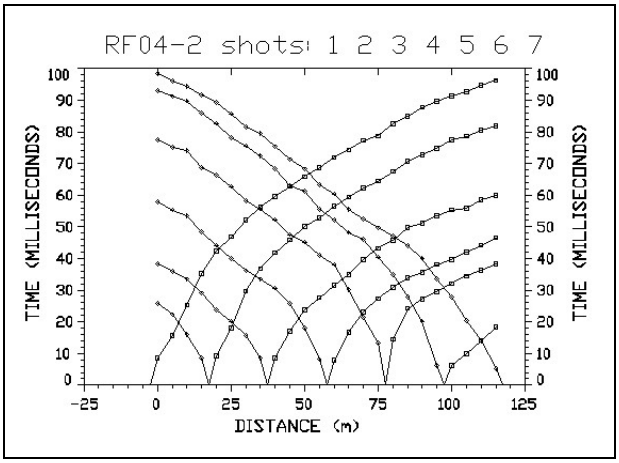
Ubicazione

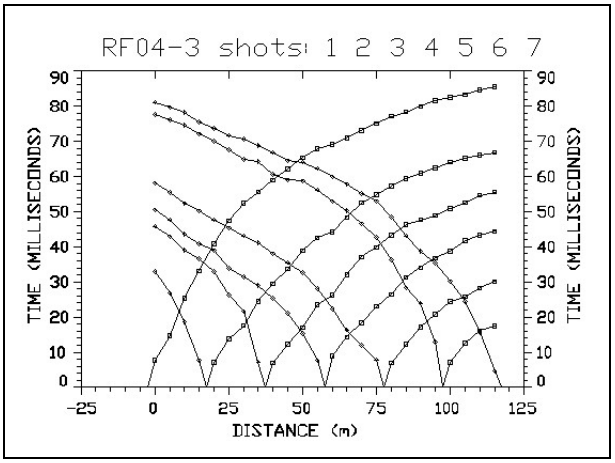


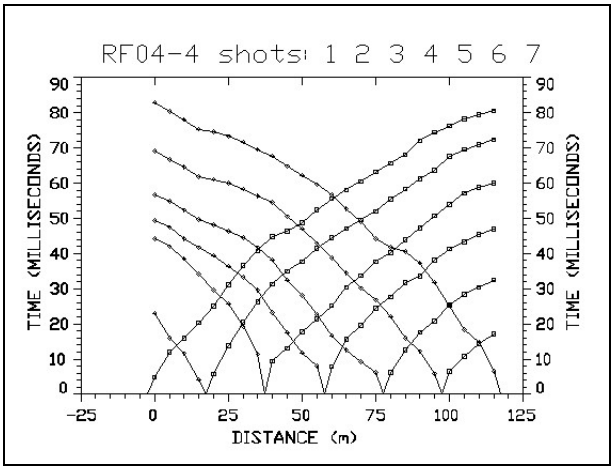
Questo profilo, composto da n° 4 basi (base 1, 2, 3, 4) da 24 geofoni per un totale di 460 ml, interseca a 33 m dall'estremità 1 della base 2 il profilo RF 03.
Il profilo si presenta subpianeggiante.

Dromocrone




RF04-2 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
DISTANCE (m)


RF04-3 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
DISTANCE (m)


RF04-4 shots: 1 2 3 4 5 6 7
TIME (MILLISECONDS)
DISTANCE (m)

RF 04 - 1

Coordinate Gauss-Boaga estremi del profilo intero			
Estremo NO	5056917 N	1509796 E	
Estremo SE	5056619 N	1510130 E	
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	236,010	
2	5	235,955	
3	10	235,934	
4	15	235,911	
			2
5	20	235,902	
6	25	235,865	
7	30	235,841	
8	35	235,817	
			3
9	40	235,774	
10	45	235,745	
11	50	235,684	
12	55	235,612	
			4
13	60	235,611	
14	65	235,605	
15	70	235,541	
16	75	235,491	
			5
17	80	235,447	
18	85	235,409	
19	90	235,391	
20	95	235,382	
			6
21	100	235,359	
22	105	235,348	
23	110	235,319	
24	115	235,241	
			7

RF 04 - 2

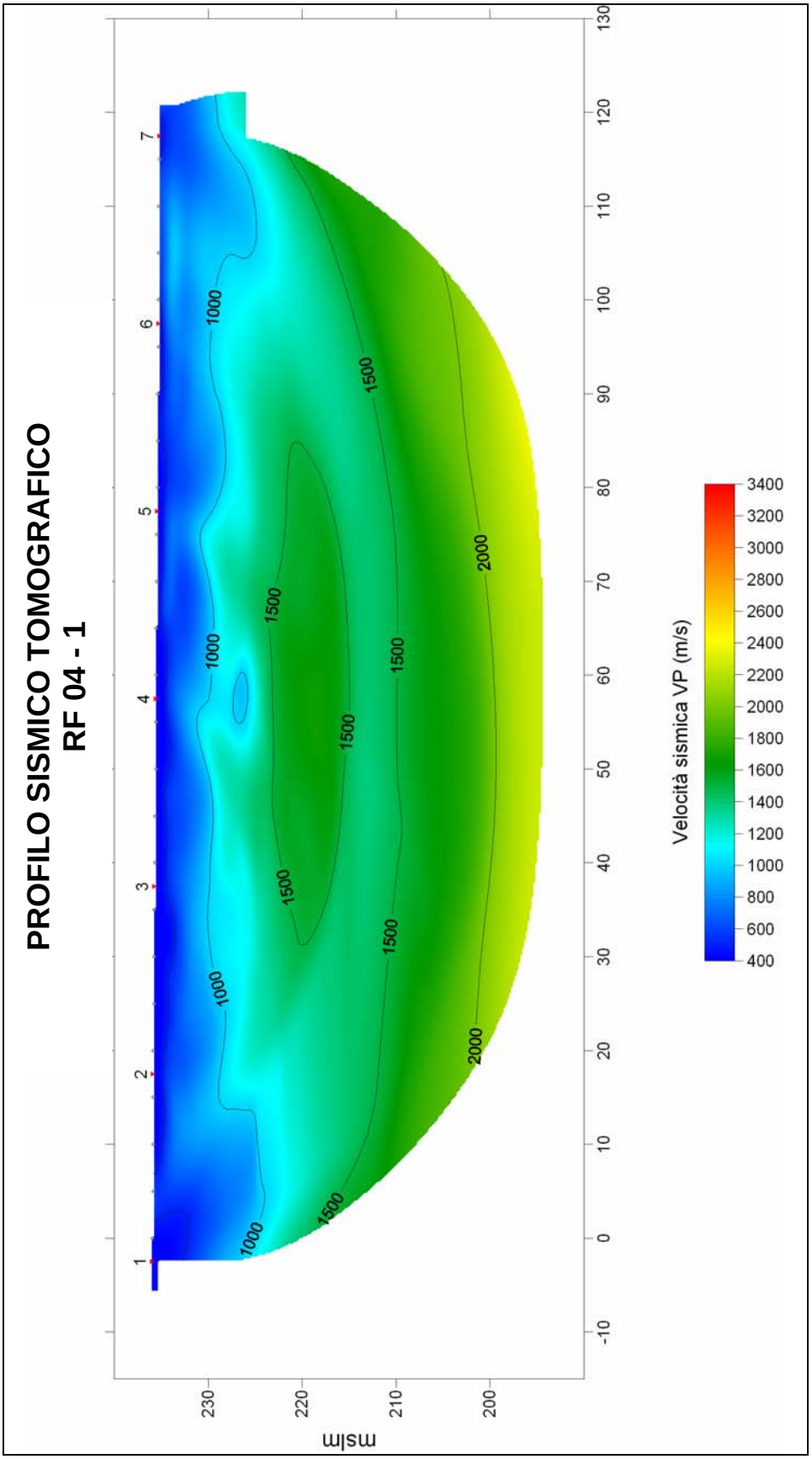
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	235,210	
2	5	235,189	
3	10	235,161	
4	15	235,143	
			2
5	20	235,054	
6	25	234,915	
7	30	234,477	
8	35	234,024	
			3
9	40	233,561	
10	45	233,009	
11	50	232,664	
12	55	232,102	
			4
13	60	231,766	
14	65	231,229	
15	70	230,711	
16	75	230,307	
			5
17	80	229,887	
18	85	229,391	
19	90	228,971	
20	95	228,476	
			6
21	100	227,945	
22	105	227,591	
23	110	227,014	
24	115	226,584	
			7

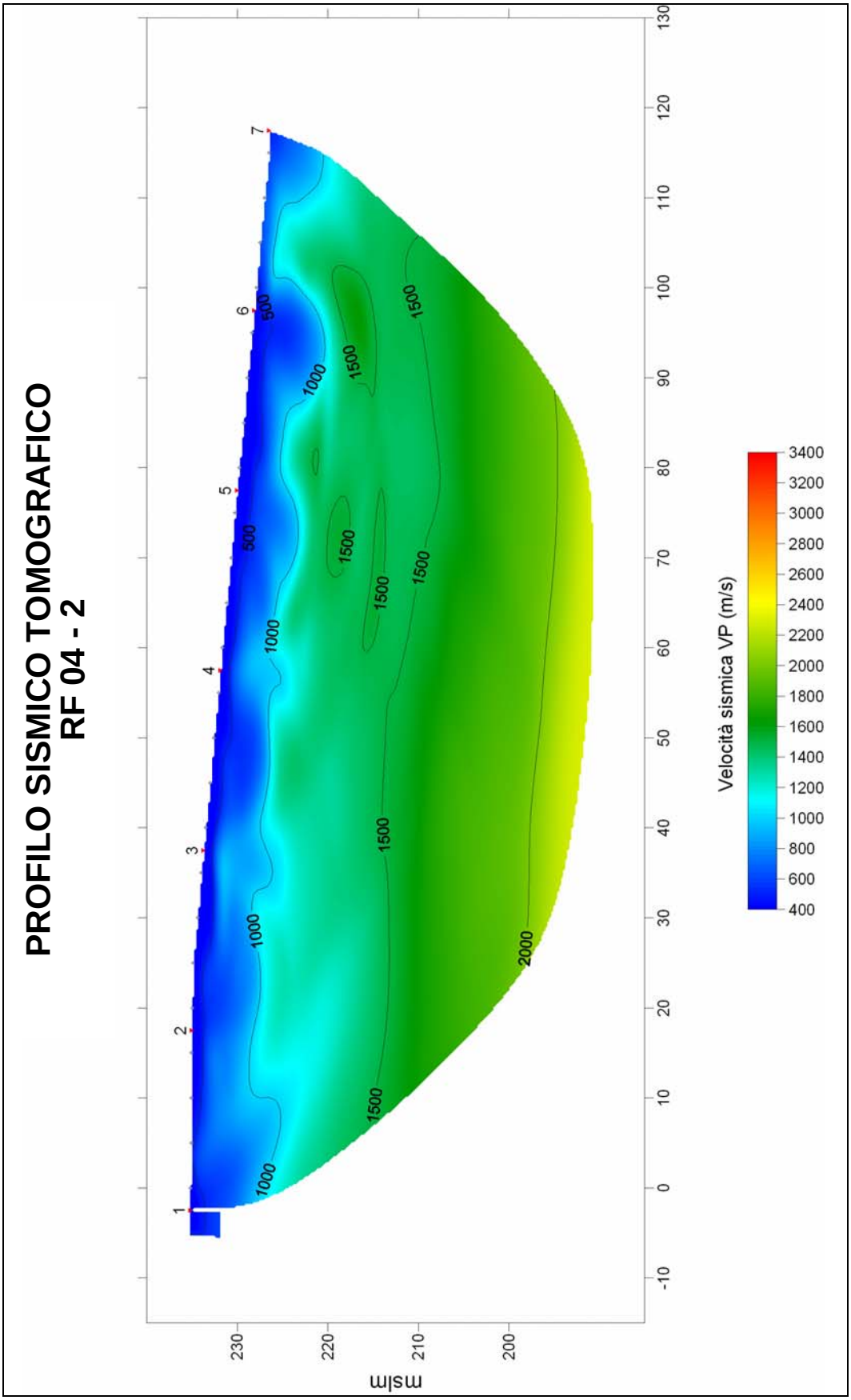
RF 04 - 3

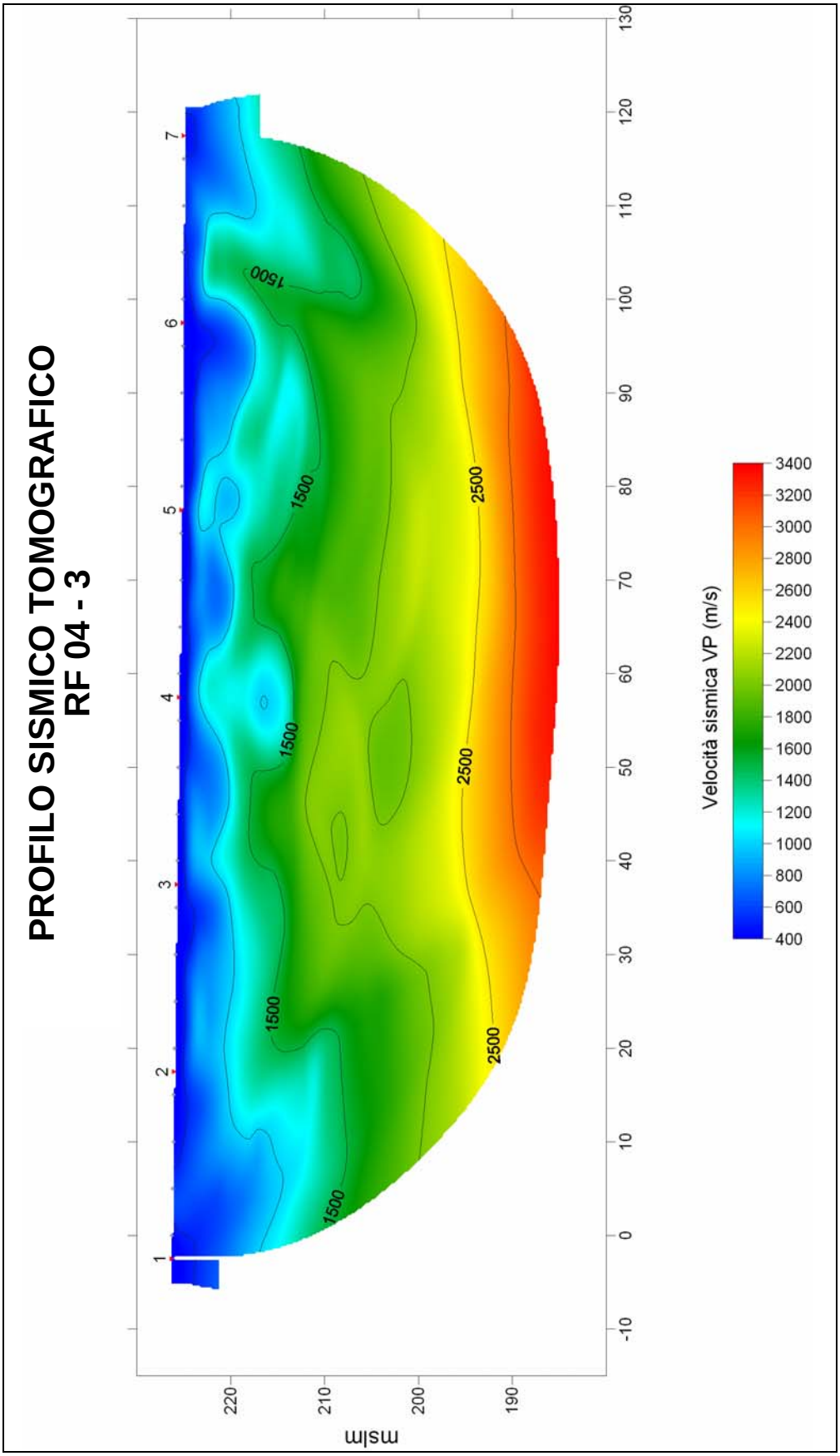
Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	226,315	
2	5	226,254	
3	10	226,146	
4	15	226,132	
			2
5	20	226,012	
6	25	225,988	
7	30	225,967	
8	35	225,839	
			3
9	40	225,725	
10	45	225,707	
11	50	225,619	
12	55	225,591	
			4
13	60	225,584	
14	65	225,415	
15	70	225,366	
16	75	225,347	
			5
17	80	225,289	
18	85	225,268	
19	90	225,241	
20	95	225,165	
			6
21	100	225,117	
22	105	225,090	
23	110	225,076	
24	115	225,015	
			7

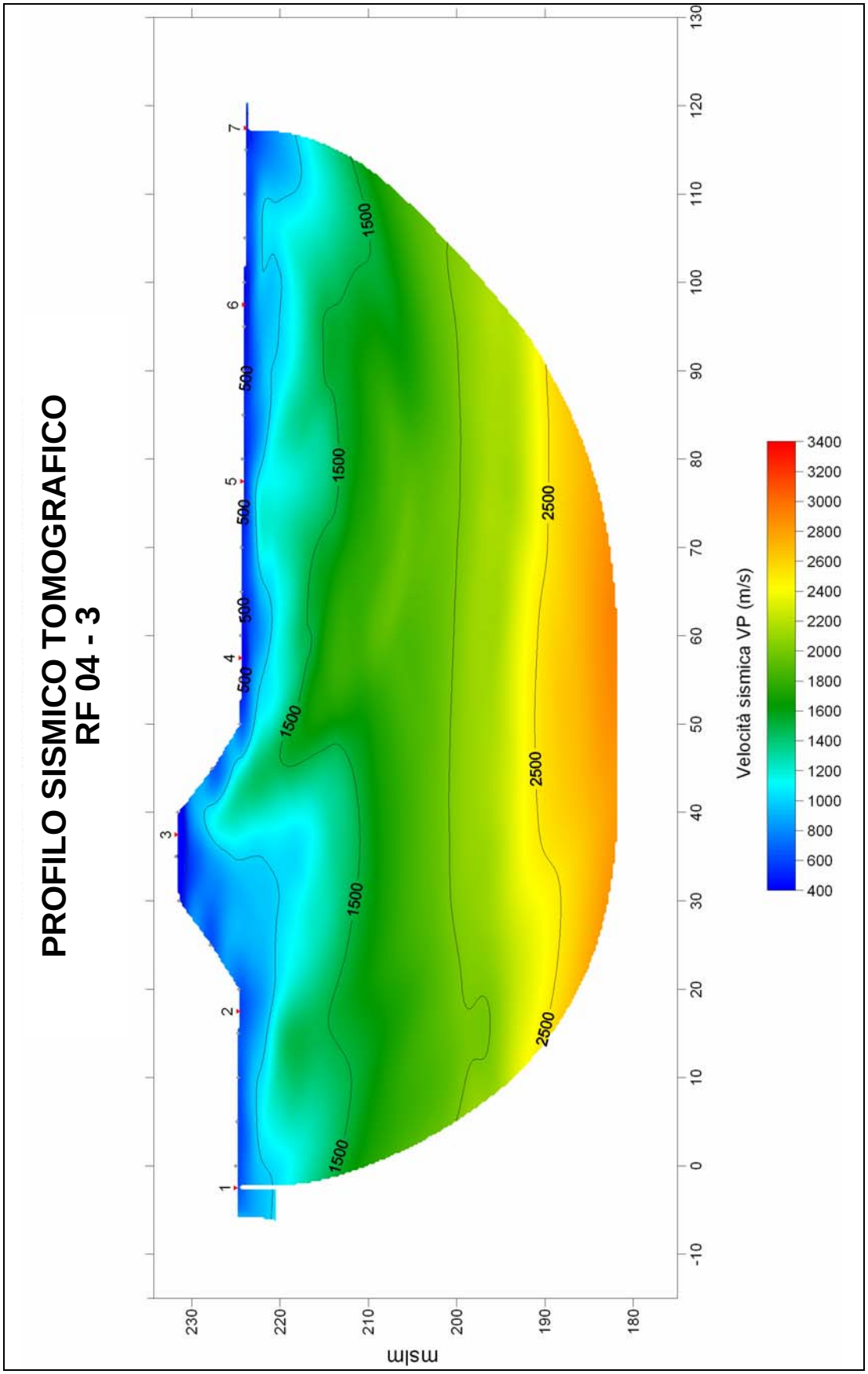
RF 04 - 4

Quote ortometriche			
Geofono	ml	m slm	battuta
			1
1	0	225,036	
2	5	224,968	
3	10	224,894	
4	15	224,821	
			2
5	20	224,715	
6	25	227,954	
7	30	231,561	
8	35	231,874	
			3
9	40	231,609	
10	45	227,769	
11	50	224,622	
12	55	224,594	
			4
13	60	224,511	
14	65	224,474	
15	70	224,421	
16	75	224,396	
			5
17	80	224,361	
18	85	224,285	
19	90	224,217	
20	95	224,176	
			6
21	100	224,141	
22	105	224,055	
23	110	224,039	
24	115	223,925	
			7


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 04 - 1
msl m
230
220
210
200
1
2
3
4
5
6
7
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 04 - 2
msl m
230
220
210
200
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7
500
1000
1500
2000
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 04 - 3
msl m
220
210
200
190
-10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
1
2
3
4
5
6
7
1500
2500
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400


PROFILO SISMICO TOMOGRAFICO
RF 04 - 3
mslm
Velocità sismica VP (m/s)
3400
3200
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
1500
2500
500

Interpretazione profilo sismico tomografico

Il profilo rivela la presenza di uno strato superficiale con velocità inferiori a 1.000 m/s di spessore medio di 8 m, caratterizzato da diverse irregolarità ampie e di scarsa rilevanza. Le anomalie maggiori si presentano in corrispondenza della base 3, dove vi sono dei locali approfondimenti dei terreni superficiali. Proseguendo in profondità le isolinee risultano alquanto distanziate, il che permette di dedurre che il mezzo sottostante il terreno superficiale risulta piuttosto omogeneo, anche all'aumentare della profondità. Il corpo rifrattore viene individuato alla quota di 190 m slm circa, in corrispondenza delle basi 3 e 4. Si ipotizza che tale situazione sia comune lungo tutto il profilo nonostante in corrispondenza delle basi 1 e 2 l'isolinea 2500 m/s non sia stata individuata. Risulta tuttavia evidente la concordanza con le basi 3 e 4 in quanto in tutte le basi l'isolinea 2.000 è posta alla quota di 200 m slm.

Intersezione RF 03 - RF 04

Nel punto di intersezione tra i due profili (m 40 RF 03-2 – m 33 RF 04-2) l'isolinea 2.000 m/s viene individuata alla quota di 200 m slm circa.

3. TOMOGRAFIE ELETTRICHE

3.1. INDAGINI DI I^ FASE

Nel presente paragrafo vengono indicati gli esiti delle tomografie elettriche svolte su incarico della Società Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A. nell'ambito della campagna geognostica di prima fase nell'area di Meda.

L'analisi dei dati acquisiti ha permesso di evidenziare due tipologie di anomalie elettriche principali e di raggiungere lo scopo primario di individuare e delimitare la presenza di un telo di HDPE nei primi livelli del sottosuolo, oltre che accertare la puntuale presenza di ulteriori elementi di interesse (strutture antropiche sepolte).

In dipendenza della funzione di schermo elettrico assolta dal telo in HDPE, non è risultato possibile tuttavia ottenere ulteriori informazioni geoelettriche a proposito dei livelli di terreno ad esso sottostanti e quindi effettuare valutazioni sulla tipologia e/o qualità dei materiali ivi presenti. Nella planimetria allegata sono indicate le tracce delle sezioni topografiche e le aree con indicazione delle anomalie rilevate.

I risultati dell'indagine nella loro completezza sono forniti dell'Allegato 1 alla presente relazione.

3.2. INDAGINI DI II^ FASE

Nell'ambito della seconda fase della campagna di indagine sulla tratta B2 è stata svolta un'estensione delle indagini tomoelettriche.

I risultati dell'indagine nella loro completezza sono forniti nell'Allegato 2 alla presente relazione.

Le indagini geoelettriche realizzate in 3 diversi siti interferenti con il tracciato della futura Autostrada Pedemontana Lombarda hanno evidenziato la presenza di anomalie riconducibili a interramenti/riporti di terreni assimilabili a rifiuti.

Più in dettaglio per ciascun sito analizzatosi possono così sintetizzare gli esiti:

1. per il sito 1 – ex Cava Girardi a Cesano Maderno (MI) – si sono evidenziate anomalie di tipo resistivo collegate verosimilmente a depositi (in rilevato o interrati) di probabili macerie e rifiuto indifferenziato;

2. per il sito 2 – Centro Sportivo di Meda (MI) – le anomalie rilevate sono di natura conduttiva e attribuibili a rilevati poggianti su terreno naturale;

3. per il sito 3 – località “Bosco delle Querce” a Meda (MI) - non si sono rilevate anomalie, ad eccezione di quelle generate dai teli di copertura della nota discarica di rifiuti tossico-nocivi presente in loco per i quali, l’elevata uniformità della forte anomalia resistiva prodotta, è sintomo della continuità e del buon funzionamento degli stessi.

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI IN SITO

RELAZIONE INDAGINI INDIRETTE

ALLEGATO 1 – II^ FASE

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

INDICE

1. INDICAZIONI GENERALI 3
2 ELABORATI CARTOGRAFICI 5
3. MODALITA' OPERATIVE 7
3.1. Generalità 7
3.2. Sorgente di energia 11
3.3. Apparato di ricezione 11
3.4. Operazioni di campagna 12
3.5. Acquisizione dati 12
4. ELABORAZIONE DATI 13
5. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI 14
6. ANALISI DELLE RISULTANZE 15
6.1. Sito 1: ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI) 15
6.2. Sito 2: Stadio Comunale di Meda (MI) 16
6.3. Sito 3: Bosco delle Querce di Meda (MI) 17
7. SINTESI CONCLUSIVE 19

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE

RCT Srl – VIGER LAB Srl

AUTOSTRADA PEDEMONTANA

INDAGINI GEOELETTRICHE IN LOCALITA' CESANO MADERNO (EX CAVA GIRARDI) E MEDA (STADIO COMUNALE E BOSCO DELLE QUERCE)

1. INDICAZIONI GENERALI

Il presente rapporto viene emesso per documentare gli esiti della campagna di indagini geoelettriche.

La finalità delle indagini è stata la determinazione di anomalie del sottosuolo attribuibili alla presenza di macerie, rifiuti e/o discariche di prodotti tossico-nocivi in alcuni siti interessati dal progetto autostradale.

La campagna geognostica è stata svolta nel mese di Dicembre 2008.

Questa è consistita in una indagine geofisica eseguita mediante prospezione geoelettrica multielettrodo elaborata tomograficamente per poter fornire una dettagliata ricostruzione elettrostratigrafica del sottosuolo in termini di resistività elettrica dei terreni.

La resistività elettrica è correlata alle caratteristiche geologiche e strutturali del sottosuolo e consente - con opportune calibrazioni con stratigrafie di pozzi/sondaggi o mediante la conoscenza dell'assetto geologico della zona - la definizione di un modello litostratigrafico ad elevato grado di risoluzione.

Nel caso specifico lo scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione degli strati superficiali al fine di individuare eventuali aree anomale (zone a rischio ambientale) che potrebbero interferire con la realizzazione del collegamento autostradale.

Su indicazioni della Committenza sono state eseguite n° 21 linee geoelettriche multielettrodo (da 48 a 144 elettrodi), singole oppure in configurazione roll-along, con acquisizione del parametro resistività elettrica, per complessivi 1762 m di stendimenti, distanze interelettrodiche tra 1 e 1.5 m e profondità di indagine massima fino a circa 20 m.

Le linee sono state eseguite in tre siti diversi e sono così distribuite:

- Cesano Maderno (ex Cava Girardi, zona Via Alessandro Manzoni): n° 9 linee geoelettriche;

- Meda (Stadio Comunale, Via Icmesa n°7): n° 8 linee geoelettriche;
- Meda (Discarica Bosco delle Querce, zona Via Vignazzola): n° 4 linee geoelettriche.

Di seguito sono riportati gli allineamenti elettrici (ERT) con il numero degli elettrodi, la spaziatura di questi e la lunghezza degli stendimenti misurata direttamente in campagna sulla superficie topografica (l'altimetria delle linee è stata desunta dalla cartografia fornita).

Per quanto riguarda l'indagine, oltre i 72 elettrodi si è utilizzata la metodologia rollalong a 24 elettrodi con sovrapposizione di 24 di questi tra un tratto di linea e il successivo per garantire la copertura totale di indagine della linea elettrica stessa.

Parametri di acquisizione delle linee geoelettriche:

	Linea	Dispositivo	Spaz. Elettr. [m]	Roll-along	Lungh. linea [m]
Sito 1: Ex Cava Girardi (Cesano Maderno)	101	WS 72	1.5	106.5+36+36+36	214.5
	102	WS 72	1.5	106.5+36+36	178.5
	103	WS 48	1	NO	47
	104	WS 48	1	NO	47
	105	WS 48	1	NO	47
	106	WS 48	1	NO	47
	107	WS 72	1.5	106.5+36	142.5
	108	WS 48	1.5	NO	70.5
	109	WS 48	1.5	NO	70.5
					864.5
Sito 2: Campo Sportivo di Meda	201	WS 72	1.5	106.5+36	142.5
	202	WS 72	1.5	106.5+36	142.5
	203	WS 72	1.5	106.5+36	142.5
	204	WS 48	1	NO	47
	205	WS 48	1	NO	47
	206	WS 48	1	NO	47
	207	WS 48	1	NO	47
	208	WS 48	1	NO	47
					662.5
Sito 3: Bosco delle Querce (Meda)	301	WS 48	2	NO	94
	302	WS 48	1	NO	47
	303	WS 48	1	NO	47
	304	WS 48	1	NO	47
					235
TOTALE					**1762**

Tutte le linee elettriche sono state realizzate mediante cavi multicanale da 48 o 72 conduttori indipendenti con interdistanze tra gli elettrodi variabili tra 1 e 1.5 m come richiesto dalla Committenza.

Tale scelta ha fatto si che la profondità di indagine raggiunta non abbia mai superato i 20 m dal piano campagna, garantendo, al tempo stesso, un grado di dettaglio estremamente elevato; inoltre nel caso delle sezioni più lunghe è stato necessario realizzare diversi stendimenti sovrapposti mediante tecnica *roll-along*.

Si è utilizzata la configurazione mista Wenner – Schlumberger in quanto garantisce il miglior compromesso tra profondità d'indagine e dettaglio dei risultati (vedasi successivo paragrafo 3.1.).

Tutte le linee elettriche sono state elaborate tomograficamente; l'elaborazione è avvenuta per celle analitiche di dimensione metrica per ottenere una più significativa caratterizzazione dei litotipi ed una più dettagliata indagine sull'elettrostratigrafia della zona in esame, rappresentata in sezione geoelettrica (di resistività reale) mediante countour line del log di Ohm m e corrispondenti campiture di colore (scala di resistività e dei colori riportata in legenda in ciascun elaborato di sezione geoelettrica tomografica) fino a circa un massimo di 20 m di profondità dal piano campagna.

Le sezioni elettriche ottenute hanno, in sintesi, consentito di caratterizzare in continuità areale e con dettaglio dal punto di vista quali-quantitativo trattandosi di elaborazioni tomografiche a minime spaziature interelettrodiche sia le variazioni nel grado di addensamento e/o granulometria (ad es. a maggior granulometria corrispondono più alti valori di Ohm m) sia la possibile presenza di anomalie conduttive dovute a corpi di discarica o rifiuti interrati (bassi valori di resistività), sia anomalie resistive dovute a terreni subsuperficiali di riporto o con macerie grossolane (più alti valori di resistività) nonché le locali differenziazioni di alterazione e/o consistenza dell'ammasso (ad es. più aumenta il degrado più bassi diventano i valori di Ohm m per analoga tipologia di terreno) fino alle massime profondità previste in funzione delle specifiche richieste.

2 ELABORATI CARTOGRAFICI

Al termine della presente relazione sono presentati gli elaborati cartografici delle risultanze ottenute dalla prospezione geofisica.

Per ciascuno dei 3 siti d'indagine è presentata un'immagine satellitare in scala adeguata con riportata l'ubicazione generale delle linee effettuate (in rosso): nell'elaborato cartografico di ciascuna sezione elettrica tomografica è poi riportata la stessa immagine con selezionata (in azzurro puntinato) la linea in esame e il verso di acquisizione (A-B).

Su ciascuna sezione elettrica sono poi riportate la profondità in metri dal piano campagna, la distanza in metri a partire da inizio sezione (A) fino al termine di questa (B), il simbolo grafico (triangolino nero con vertice rovesciato) delle stazioni di misura della resistività (elettrodi), le countour line in log di Ohm m di resistività e le campiture di colori per meglio differenziare le anomalie o i livelli di terreno a diverse caratteristiche elettriche (dei quali sono segnalati le ipotesi più probabili quali ad esempio livello ghiaioso, livello sabbioso-limoso, terreni di riporto o macerie, corpo di discarica, ecc.).

Infine, di ogni sito esaminato, è riportata una sintesi planimetrica (dalla mappa satellitare) con ubicazione delle principali anomalie riscontrate (a tratteggio giallo o azzurro) soprattutto nei termini di localizzazione dei settori con probabili macerie o rifiuti interrati o dei corpi di discarica di rifiuti tossici nocivi.

In definitiva, sono presentati i seguenti elaborati:

Sito Ex Cava Girardi a Cesano Maderno (MI)

- Figura 1: ubicazione indagini geoelettriche sito Ex Cava Girardi a Cesano Maderno (MI);
- Figura 2: linea ERT 101 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 3: linea ERT 102 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 4: linea ERT 103 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 5: linea ERT 104 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 6: linea ERT 105 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 7: linea ERT 106 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 8: linea ERT 107 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 9: linea ERT 108 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 10: linea ERT 109 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 11: ubicazione principali anomalie riscontrate;

Sito Campo Sportivo di Meda (MI)

- Figura 12: ubicazione indagini geoelettriche sito Campo Sportivo di Meda (MI);
- Figura 13: linea ERT 201 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 14: linea ERT 202 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 15: linea ERT 203 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 16: linea ERT 204 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 17: linea ERT 205 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 18: linea ERT 206 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 19: linea ERT 207 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 20: linea ERT 208 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 21: ubicazione principali anomalie riscontrate;

Sito Bosco delle Querce a Meda (MI)

- Figura 22: ubicazione indagini geoelettriche sito Bosco delle Querce a Meda (MI);
- Figura 23: linea ERT 301 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 24: linea ERT 302 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 25: linea ERT 303 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 26: linea ERT 304 modello tomografico di resistività elettrica;
- Figura 27: ubicazione principali anomalie riscontrate.

3. MODALITA' OPERATIVE

3.1. Generalità

Il metodo geoelettrico si basa sullo studio delle alterazioni di un campo elettrico, creato artificialmente nel terreno, dovute alle caratteristiche fisiche del terreno stesso.

La tomografia di resistività elettrica di superficie ha come obiettivo primario la costruzione di un modello elettrico bidimensionale o tridimensionale del sottosuolo a partire da misure di potenziale elettrico in seguito all'immissione di corrente elettrica nel sottosuolo.

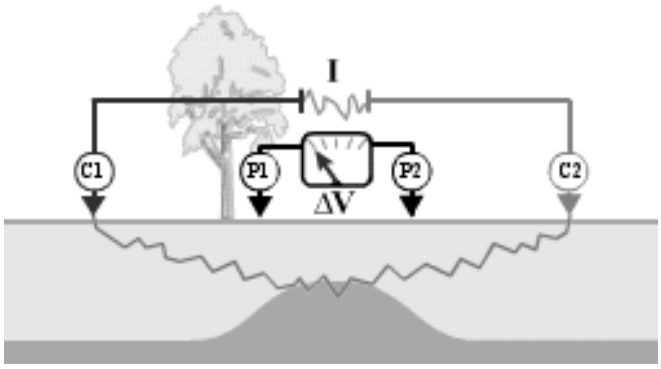
Il principio fisico su cui si basano le misure di resistività elettrica è la legge di *Ohm*, che governa il flusso di corrente in un mezzo:

$$J = \sigma E$$

dove σ è la conducibilità elettrica [Siemens/m] del mezzo, E è l'intensità del campo elettrico applicato [V/m], J è la densità di corrente [A/m^2].

Nelle indagini geoelettriche si è soliti esprimere anziché la conducibilità, la resistività $\rho = 1/\sigma$ [Ωm].

Nella pratica ciò che viene misurato è la differenza di potenziale tra due punti della superficie (schema sottostante).



Schema di base usato per le indagini elettriche: gli elettrodi C1 e C2 sono le sorgenti di corrente elettrica mentre P1 e P2 sono gli elettrodi di misura del potenziale.

Nel caso di un semispazio omogeneo la differenza di potenziale misurata agli elettrodi P1 e P2 risulta pari a:

$$\Delta\Phi = \frac{\rho I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}} - \frac{1}{r_{C1P2}} + \frac{1}{r_{C2P2}}\right)$$

Le misure di campo sono condotte su mezzi non ideali (e quindi eterogenei); la resistività inoltre varia in uno spazio tridimensionale per cui dalla corrente I e dalla differenza di potenziale $\Delta\Phi$ si calcola un valore di resistività *apparente*:

$$\rho_a = k\frac{\Delta\Phi}{I}$$

dove k è un fattore geometrico che dipende dalla configurazione degli elettrodi ed è pari a:

$$k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_{C1P1}} - \frac{1}{r_{C2P1}} - \frac{1}{r_{C1P2}} + \frac{1}{r_{C2P2}}\right)}$$

Gli strumenti di misura, i georesistivimetri, rilevano un valore di resistenza ($R = \Delta\Phi/I$), per cui la resistività apparente si calcola come:

$$\rho_a = kR$$

Tale resistività è un valore appunto *apparente* che corrisponde cioè alla resistività che un semispazio omogeneo fornirebbe nella stessa configurazione elettrodica.

L'esecuzione di misure di resistività ottenute traslando lateralmente il quadripolo consente di ottenere informazioni relative a variazioni laterali di resistività.

Se invece si aumenta la spaziatura tra gli elettrodi di corrente e di tensione, aumenta la profondità di indagine e si ottengono informazioni maggiori sulle variazioni verticali.

La strumentazione tipica delle tecniche di tomografia elettrica permette di effettuare le due operazioni in modo automatico, e di associare ad ogni linea di misura, una distribuzione bidimensionale di resistività apparente, detta pseudosezione.

Per effettuare le misure ERT si utilizzano un certo numero di elettrodi (48-72 nelle configurazioni più recenti) disposti lungo un profilo, con passo dipendente dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richieste.

Questi sono collegati con un cavo multipolare al georesistivimetro, che consiste in un'unità *switching* che può essere esterna o interna, comandata da un microprocessore.

Tale unità ha la funzione di selezionare, per ogni lettura, gli elettrodi attivi (di corrente e di tensione).

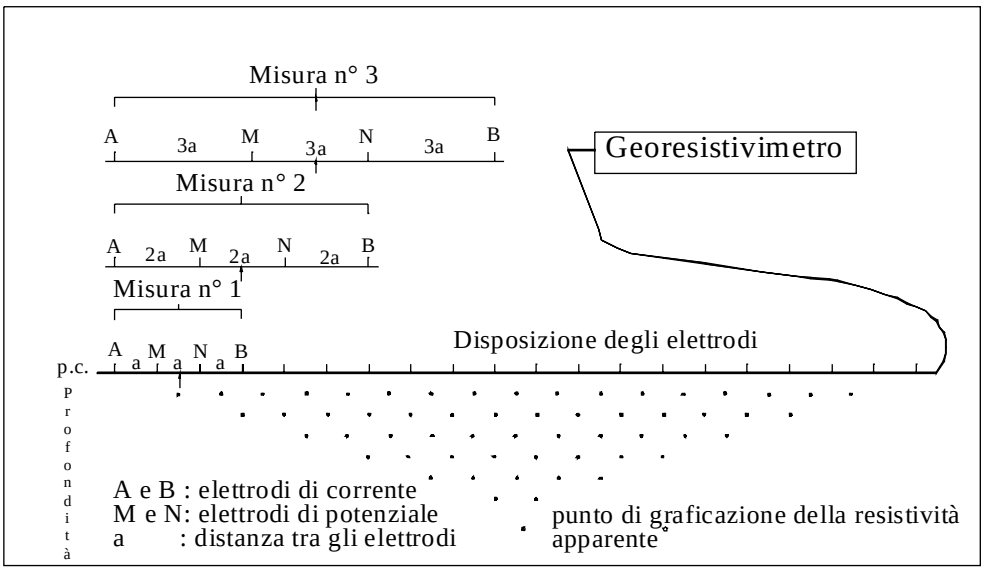
La sequenza delle misure, così come il tipo di *array*, l'intensità di corrente e la durata delle acquisizioni, sono parametri di input usualmente impostati dall'utente.

Il formato di uscita della strumentazione normalmente permette di ottenere per ogni misura, la corrente immessa, la differenza di potenziale, la configurazione elettrodica, la resistività apparente e una stima statistica sulla qualità delle misure.

Le configurazioni elettrodiche più utilizzate nelle indagini geofisiche di resistività sono: Wenner, Dipolo-Dipolo e Wenner-Schlumberger.

Queste differiscono principalmente in relazione a potere risolutivo, profondità di investigazione, copertura orizzontale e stabilità del segnale.

La configurazione **Wenner** (schema seguente) presenta un'alta risoluzione verticale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture o stratificazioni orizzontali, una buona profondità di investigazione, scarsa copertura orizzontale e una buona stabilità del segnale, essendo questa inversamente proporzionale a k.



Sistema di acquisizione dei dati utilizzando il dispositivo di Wenner.

La configurazione **Dipolo-Dipolo**, presenta invece un'alta risoluzione orizzontale e quindi una capacità elevata nel discriminare strutture verticali (variazioni laterali di resistività, cavità ecc.), profondità di investigazione e ampiezza del segnale misurato minori rispetto al Wenner, ma con una maggiore copertura orizzontale.

La configurazione **Polo-Dipolo** deriva dalla configurazione Dipolo-Dipolo, ma prevede il posizionamento di un polo "remoto" a distanze pari ad almeno 2 volte la lunghezza dello stendimento da porsi trasversalmente all'allineamento degli elettrodi. Se fattibile (se è cioè disponibile un'area libera per il posizionamento del cavo remoto) il metodo polo-dipolo garantisce elevate profondità di indagine (circa 1/3 della lunghezza dello stendimento).

Il dispositivo **Wenner-Schlumberger** rappresenta una soluzione ibrida ed è quello più utilizzato in geofisica ambientale poiché costituisce il giusto compromesso tra le caratteristiche sopra descritte.

Per ottenere, a partire dai valori di resistività apparente, la distribuzione delle resistività reali nel sottosuolo, è necessario risolvere un "problema inverso".

In molte applicazioni geofisiche, la soluzione del problema inverso consente di determinare i valori di quantità non misurabili direttamente, parametri incogniti, a partire da quantità misurabili, i dati sperimentali, attraverso l'assunzione di un modello, cioè di una legge fisica che li correli.

Tale modello è una rappresentazione matematica ed ideale di una porzione di sottosuolo; il modello è caratterizzato dai "parametri del modello" che sono le quantità fisiche che si vuole stimare dai dati misurati.

Nel caso della tomografia elettrica, si vuole stimare la distribuzione della resistività elettrica nel sottosuolo a partire da misure effettuate in superficie.

Il software utilizzato per l'inversione (RES2DINV, © Loke) implementa un modello a celle (o blocchi), i cui parametri sono i valori di resistività delle singole celle in cui il sottosuolo è stato suddiviso; la soluzione agli elementi finiti o alle differenze finite fornisce i valori di resistività reale.

Dal modello geofisico, con opportune tarature e/o in base alle conoscenze geologiche del sottosuolo, si elabora un modello geo-litologico.

La profondità di indagine raggiunta è mediamente pari a 1/6 della lunghezza dello stendimento.

Nella tabella seguente si riportano i valori caratteristici di resistività elettrica di alcuni terreni e materiali [Ulriksen (1982), Telford (1990), Reynolds (1997)]. che sono utilizzati come valori indicativi nell'interpretazione delle tomografie.

Materiale	***Resistività (Ω.m)***
Acqua dolce	$10\text{-}10^2$
Acqua salata	0.2
Arenarie	$2\cdot10^2 - 5\cdot10^3$
Argille	1 - 50
Benzina	10^7
Calcari	$3\cdot10^2 - 10^4$
Cloruro di Potassio	0.708
Cloruro di sodio	0.843
Depositi alluvionali	$50\cdot10^3$
Dolomie	$5\cdot10^2 - 105$
Ferro	$9.074\cdot10^{-8}$
Ghiaia e sabbia secca	$10^3 - 10^4$
Ghiaia e sabbia sature d'acqua dolce	$50 - 5\cdot10^2$
Ghiaia e sabbia sature d'acqua salata	2 - 5
Gneiss e graniti sani	$10^3 - 10^4$
Gneiss e graniti alterati	$10^2 - 10^3$
Marne	$50 - 5\cdot10^2$
Piroclastici	$50 - 6\cdot10^2$
Rocce ignee	$10^2 - 10^4$
Suolo di copertura	$10 - 2\cdot10^2$
Tufi	$1.5\cdot10^2 - 9\cdot10^2$

La resistività dei terreni è controllata principalmente dai seguenti fattori:

1. grado di saturazione dei pori;
2. porosità;
3. salinità del fluido presente nei pori;
4. temperatura;
5. presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.);
6. presenza di argilla.

La relazione empirica (proposta da Archie) è valida per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie):

$$\rho_s = \rho_f \, a \, \phi^{-n} \, S^{-m}$$

dove:
ρ_s resistività (Ω•m) del suolo parzialmente saturo di fluido,
ρ_f resistività (Ω•m) del fluido presente nei pori,
S frazione del volume di pori occupata dal fluido,
m coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
a costante empirica, detta di Winsaur (tipico per sabbia: 0.62),
n coefficiente empirico, detto di "tortuosità" (tipico per sabbia:2.15),
ϕ porosità del suolo.

La resistività del fluido ρ_f è calcolabile qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es. Cl-, SO_4=, NO_3-, ecc.) utilizzando la formula:

$$\rho_f = 0.0123 + 10 \, (3.562 - 0.955 \log_{10} C)$$

dove C è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

I fluidi altamente salini, come ad esempio il percolato che si forma nelle discariche di rifiuti solidi urbani, possono rendere terreni naturalmente resistivi (sabbie, ghiaie) in terreni a comportamento conduttivo.

I cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di argilla e, in minor misura, di limo offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti.

Esistono relazioni semi-empiriche valide per il calcolo della resistività di sedimenti con componente argillosa non trascurabile, che non riporteremo in questo contesto.

Si ricordi soltanto nel seguito che terreni limoso-argillosi risultano sempre più conduttivi rispetto a quelli sabbiosi e ghiaiosi, ovviamente a parità di saturazione e a parità di fluido presente nei pori.

Tipicamente le resistività possono scendere, in corrispondenza delle zone più argillose, fino a valori inferiori a 15-20 Ω•m, anche nel caso di terreno relativamente secco.

3.2. Sorgente di energia

Agli elettrodi viene alternativamente inviata la corrente o misurata la differenza di potenziale, in una sequenza preprogrammata ed automatica.

3.3. Apparato di ricezione

Gli elettrodi sono costituiti da paletti in acciaio collegati tra loro da un cavo multiconduttore.
Nel caso specifico, lo strumento utilizzato consente il collegamento simultaneo di 3 cavi con 24 connettori in modo da consentire l'utilizzo simultaneo di un massimo di 72 conduttori indipendenti (nel caso in esame sono stati tutti utilizzati); sono state utilizzate prese esterne per l'attacco agli elettrodi disponibili in funzione del dettaglio e della profondità d'indagine.

3.4. Operazioni di campagna

La sequenza di misura ha previsto il dispositivo combinato di acquisizione dati (Wenner e Schlumberger) su 23 livelli (1098 quadripoli di misura per ogni linea).

Per ogni misura si è definita una ripetizione minima pari a 2 ed una massima pari a 4.

L'errore massimo consentito è stato fissato pari al 5% (differenza tra le misure ripetute).

La profondità d'indagine per tomografie con dispositivo di acquisizione dei dati tipo Wenner-Schlumberger è generalmente pari a 1/6 della lunghezza dello stendimento.

Nel caso in esame le sezioni elettrotomografiche sono state tracciate utilizzando una spaziatura tra gli elettrodi tra 1 e 1.5 m (come da specifiche tecniche della Committenza) che hanno consentito profondità massima d'indagine di circa 20 m.

E' importante sottolineare che, per la geometria d'indagine, svolta nel caso di oltre 72 elettrodi sovrapponendo 1/3 di stendimento per ogni spostamento in avanti (tecnica Rollalong), la distribuzione delle resistività reali sulle sezioni interpretative copre interamente le sezioni stesse.

Inoltre, si ricorda che nelle sezioni elettriche entrambe le estremità, per la geometria d'indagine tomografica, non forniscono informazioni utili.

3.5. Acquisizione dati

Per l'indagine in oggetto è stato utilizzato un georesistivimetro *Syscal Pro (Iris Instruments, Fr)* a 72 canali, collegato a 2 o 3 cavi multielettrodo a 24 uscite. di cui si allega una foto qui a lato, che possiede caratteristiche di tensione massima di 600 V e potenza di 175 W (con alimentazione da batteria esterna da 70 A/h).

Lo strumento di acquisizione dati è costituito da un georesistivimetro digitale con unità di controllo e gestione multielettrodo, in grado di eseguire via software la misura e la memorizzazione della resistenza di contatto degli elettrodi e la misura, la memorizzazione e l'azzeramento dei potenziali spontanei.

La risoluzione di tali misure è di 30 nV, mentre la possibilità di memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione è di alcune migliaia di misure costituite ciascuna dai valori di resistività, differenza di potenziale (con verifica della qualità del dato tramite il calcolo della deviazione standard), intensità di corrente (con iniezione di corrente in quantità, periodo e sequenza opportune) e geometria degli elettrodi.

4. ELABORAZIONE DATI

L'aspetto elaborativo della tomografia elettrica consiste nell'inversione 2D dei profili elettrici di superficie ottenute tramite l'array di misure secondo la metodica usata (Wenner - Schlumberger) definiti in funzione sia degli obiettivi della ricerca sia della "stabilità" del campo elettrico locale.

L'elaborazione dei dati è stata sviluppata secondo due fasi successive.

La prima fase è consistita nella ricostruzione di "pseudosezioni" di resistività tramite l'utilizzo di software di contouring (Surfer 8) e in un preliminare filtraggio delle misure con l'utilizzo del software Prosys II (specialmente per la presenza di sottoservizi o solette in cemento armato che hanno creato disturbi alle misure).

Nella seconda fase si è proceduto al calcolo dei valori di resistività vera tramite inversione bidimensionale e sviluppo di un adeguato modello di distribuzione della resistività del sottosuolo.

Il software di inversione impiegato (RES2DINV ver. 3.55/2006) utilizza il metodo degli elementi finiti (FEM) in due dimensioni per modellare la risposta elettrica del sottosuolo ed applica l'eventuale correzione topografica.

Dati in input la geometria della linea di acquisizione ed il file di dati relativo alle misure di resistività apparente il software definisce una maglia discreta di elementi trapezoidali per permettere la compensazione di qualsiasi tipo di dislivello tra le posizioni elettrodiche.

La procedura di calcolo iterativo di inversione, dai parametri di resistività apparente in resistività reale, minimizza l'errore tra i dati di campo e quelli simulati mediante il FEM secondo la metodica proposta da Sasaki (1994) ed altri.

La convergenza dell'algoritmo è ottenuta con la stima automatica di un parametro di stabilizzazione (metodo dei coefficienti reciproci generalizzati) mentre la riduzione del "rumore di fondo" viene realizzata mediante regressione lineare iterativa valutando le varianze statistiche di ciascuna misura.

Il risultato finale consiste in una sezione di resistività reale rappresentata sia per isoresistive sia tramite tonalità di colore.

Le variazioni di resistività, per rendere confrontabili i risultati delle diverse sezioni, sono state rappresentate secondo una scala di colori uniforme per tutte le tomografie ottenute, compresa tra log 1 e log 4 Ω.m (corrispondenti a 10-10.000 Ω.m).

5. MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Per l'elaborazione tomografica dei dati elettrici, il sottosuolo delle linee ERT è stato suddiviso in minime celle analitiche per consentire un'elaborazione di dettaglio in termini di resistività dell'ammasso, producendo elaborati cartografici di rappresentazione delle risultanze del parametro geofisico elettrico distribuite lungo le sezioni come resistività misurata in log Ohm m.

I files dei dati ottenuti per ciascuna linea elettrica elaborata mediante procedura analitica tomografica sono stati trasferiti in un programma di contour (Surfer 8) e da qui, ottimizzati i dati per consentire le migliori facoltà di rappresentazione (definizione della scala della sezione e della suddivisione delle countour line e delle campiture di colore) sono stati prodotti i plot finali.

Per quanto riguarda l'elettrica tomografica la profondità d'indagine è calcolata considerando un rapporto di circa 8 a 1 tra lunghezza stendimento e profondità.

L'elaborazione tomografica elettrica è stata ottenuta utilizzando celle di analisi di larghezza variabile comprese tra la metà della spaziatura tra i sensori in larghezza ed ¼ della stessa spaziatura in profondità.

Si sono quindi realizzate rappresentazioni (elaborati cartografici) con rapporto lunghezza/profondità 1/1 (o, per le sezioni più estese ERT 101, ERT 102, ERT 301 con ampiezza verticale doppia rispetto a quella orizzontale) e in scala variabile adattata agli scopi dell'indagine mediante mappature a campiture di colore ed a contour line della distribuzione areale del parametro geofisico relativo alla resistività reale (Ohm m) con range di valori rappresentati in scala logaritmica.

Gli allineamenti elettrici per complessivi 1762 metri lineari di stendimento sulla superficie topografica sono stati eseguiti secondo le richieste della Committenza.

Per quanto riguarda l'ubicazione degli stendimenti si rimanda alle planimetrie satellitari riportate a inizio di ciascun sito d'indagine (Figure 1, 12 e 22).

Gli elaborati cartografici prodotti delle sezioni geoelettriche (Figure 2-10, 13-20 e 23-26), sono riportati con scale cromatiche e numeriche relative al parametro resistività reale; una legenda posizionata alla base delle relative tavole ne consente l'interpretazione elettrica mentre, nella stessa tavola, una planimetria satellitare con selezionata in tratteggio azzurro, la linea in questione ed il verso di acquisizione (da A verso B) ne consente l'esatta ubicazione nel sito in esame.

Al di sopra dei profili topografici sono riportate la simbologia delle stazioni elettrodiche (con distanze tra i sensori geofisici comprese tra 1 e 1.5 m).

Le quote in metri riportate su entrambi i lati di ciascuna sezione sono riferite alla profondità media dal piano campagna; alla base di ciascuna sezione elettrica è invece riportata la distanza in metri della proiezione sull'orizzontale della sezione stessa, misura che può anche non corrispondere, se il profilo è acclive, alla distanza effettiva dello stendimento effettuata in campagna sul profilo topografico.

Infine, nelle Figure 11, 21 e 27, sono riportate per ciascun sito in esame l'ubicazione, tramite mappa satellitare, delle principali anomalie rilevate con particolare riferimento alla localizzazione dei settori con probabili macerie o rifiuti interrati o corpi di discarica di rifiuti tossici nocivi.

6. ANALISI DELLE RISULTANZE

6.1. Sito 1: ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

L'ubicazione delle linee geoelettriche realizzate all'interno dell'ex Cava Girardi viene proposta in figura 1, mentre i modelli tomografici di resistività elettrica risultanti sono riportati nelle figure 2 ÷ 10.

Sezione ERT 101

Tale linea elettrotomografica è stata realizzata all'esterno dell'ex area di cava, lungo il margine posto a sud-est della limitrofa tangenziale sud di Cesano Maderno.

La sequenza litostratigrafica è molto uniforme e costituita da:

1. un livello mediamente resistivo superficiale (fino a circa 6 m dal piano campagna) con valori di Rho compresi tra 200 e 700 Ohm·m (tonalità di colore giallo-arancio), verosimilmente costituito da materiali ghiaiosi;

2. un orizzonte intermedio (fino a circa 20 m di profondità) costituito da materiale di natura sabbioso-limosa (Rho = 50 ÷ 200 Ohm·m, tonalità di colore azzurro-verde);

3. un secondo livello a maggiore componente ghiaiosa al di sotto dei 20 m.

Non si riconoscono anomalie riconducibili ad eventuali interramenti o alterazioni della naturale sequenza stratigrafica.

Sezione ERT 102

La sezione in esame è stata tracciata all'interno dell'ex area di cava, parallelamente alla precedente ERT 101.

In corrispondenza del cumulo superficiale con altezza massima di 2 m dal piano campagna, e compreso tra le progressive 80 e 155 m, si riconosce un'anomalia resistiva (Rho = 300 ÷ 1000 Ohm·m, tonalità di colore giallo-rosso) riconducibile alla presenza di terreni di riporto probabilmente costituiti da macerie di varia natura.

L'ammasso sottostante, ed anche a livello superficiale nella restante parte di sezione, risulta simile a quello rilevato nella precedente linea elettrica e cioè costituito dapprima da un orizzonte intermedio (fino a circa 16-18 m di profondità) costituito da materiale di natura sabbioso-limosa (Rho = 50 ÷ 200 Ohm·m, tonalità di colore azzurro-verde) e, verso le estreme profondità investigate dell'ordine dei 20 m dal p.c., da un secondo livello a maggiore componente ghiaiosa con valori di Rho compresi tra 200 e 700 Ohm·m (tonalità di colore giallo-arancio) che risulta più evidente nel settore al di sotto del cumulo superficiale tra le progressive di sezione 105 e 145 m.

Sezioni ERT 103 e ERT 104

Tali sezioni, molto simili tra loro, presentano un livello superficiale non omogeneo (con spessore mai superiore ai 2 m) mediamente resistivo e probabilmente costituito da terreni di riporto grossolani o di natura ghiaiosa cui segue, fino alle massime profondità investigate dell'ordine degli 8 m dal p.c.,

un orizzonte costituito da materiale di natura sabbioso-limosa (Rho = 50 ÷ 200 Ohm·m, tonalità di colore azzurro-verde).

Sezioni ERT 105 e ERT 106

Le sezioni in esame mostrano chiaramente la natura resistiva dei materiali che costituiscono il cumulo superficiale già descritto precedentemente riguardo alla sezione ERT 102.

Nello specifico tale aspetto è particolarmente evidente nella sezione ERT 105 tra le progressive 20 e 30 m: in corrispondenza del declivio del suddetto cumulo si osservano valori di resistività molto elevata (Rho > 1000 Ohm·m, tonalità di colore magenta) tipici di macerie di origine edile ad elevata pezzatura (blocchi di cemento, resti di muratura ecc.).

Segue poi, fino alle massime profondità investigate dell'ordine dei 6-8 m dal p.c., un livello sabbioso-limoso, talora con presenza di nuclei con valori di resistività molto bassa (Rho = 20 ÷ 200 Ohm·m, tonalità di colore verde-azzurro-blu).

Sezioni ERT 107, ERT 108 e ERT 109

Come le precedenti ERT 103 e ERT 104, tali sezioni presentano localmente e a tratti discontinui materiali mediamente resistivi in superficie (entro i 3 m di profondità), riconducibili a terreni di riporto grossolani o di natura ghiaiosa.

E' presente poi un orizzonte costituito da materiali di natura sabbioso-limosa (Rho = 50 ÷ 200 Ohm·m, tonalità di colore azzurro-verde) con locali nuclei a resistività ancora minore (Rho < 50 Ohm·m) e, nella sezione più estesa ERT 107 che ha consentito di investigare anche profondità dell'ordine dei 20 m dal p.c., anche un livello a maggiore resistività (livello a componente ghiaiosa con tonalità giallo-arancio) nell'intorno dei 20 m circa di profondità.

In figura 11 viene infine riportata una ricostruzione planimetrica della distribuzione dei principali accumuli di macerie riscontrati nell'area oggetto dell'indagine.

6.2. Sito 2: Stadio Comunale di Meda (MI)

In figura 12 viene riportata l'ubicazione delle tomografie elettriche che hanno interessato il margine nord del complesso sportivo di Meda (sito in Via Icmesa n°7), lungo l'attuale S.S. 35, mentre nelle figure 13 ÷ 20 sono presentati i risultati delle indagini geofisiche in termini di modelli tomografici di resistività elettrica reale.

Sezione ERT 201

Tale linea elettrotomografica è stata realizzata lungo il margine settentrionale dell'area in oggetto.

Dall'analisi del modello tomografico riportato in figura 13, si osserva come i cumuli superficiali posti ad inizio e fine sezione, e marcati alla base da linea tratteggiata rossa, siano costituiti da materiali di riporto (macerie?) che, a differenza di quanto osservato nel sito precedente dell'ex Cava

Girardi, risultano di natura mediamente conduttiva (Rho = 20 ÷ 100 Ohm·m, tonalità di colore blu-azzurro).

Dal punto di visto lito-stratigrafico, sotto i suddetti cumuli superficiali detritici si osserva un livello sabbioso-limoso (Rho = 100 ÷ 300 Ohm·m, tonalità di colore verde-giallo) al cui interno si rilevano lenti resistive a maggiore componente ghiaiosa (Rho = 500 ÷ 1000 Ohm·m, tonalità di colore arancio-rosso) delle quali una, molto estesa ed evidente, appare a quote intermedie ad inizio sezione fino alla progressiva 50 m circa.

Sezioni ERT 202 e ERT 203

Tali linee elettrotomografiche sono state realizzate parallelamente alla precedente ERT 201 rispettivamente a circa 15 m e 35 m da questa.

Entrambe confermano la natura conduttiva dei materiali di riporto, la cui base è indicativamente delimitata da una linea in grassetto tratteggiata, e che costituiscono i cumuli posti a nord e ad est rispetto al campo da calcio, nonché l'assetto lito-stratigrafico dell'area con, sotto i suddetti cumuli superficiali detritici, il livello sabbioso-limoso (Rho = 100 ÷ 300 Ohm·m, tonalità di colore verde-giallo) con diffusa presenza di estese lenti resistive a maggiore componente ghiaiosa (Rho = 500 ÷ 1000 Ohm·m, tonalità di colore arancio-rosso).

In ognuna delle due sezioni si rilevano infine forti disturbi superficiali dovuti alle fondazioni (verosimilmente in cemento armato) del muro di recinzione del campo da calcio ed a una probabile tubazione perimetrale allo stesso (indicate con note nelle sezioni stesse).

Sezioni ERT 204 ÷ 208

Tali sezioni, circa perpendicolari alle precedenti, consentono di escludere la presenza di materiali di riporto al disotto del campo da calcio.

Al tempo stesso viene evidenziato come gli accumuli di materiali di probabile discarica presenti a nord e ad est del terreno di gioco presentano dati uniformemente conduttivi ((Rho < 200 Ohm·m, tonalità verde-azzurro-blu) che, a tratti, si estendono anche di oltre 2 m al disotto del livello naturale (vedasi ad esempio le sezioni di figura 17 -ERT 205- e di figura 19 –ERT 207-).

In figura 21 viene infine riportata una ricostruzione planimetrica delle anomalie riconducibili a terreni di riporto di natura conduttiva: si osservi come lo sviluppo di tali aree anomale coincida perfettamente con i cumuli superficiali posti a nord e ad est rispetto al campo da calcio.

6.3. Sito 3: Bosco delle Querce di Meda (MI)

In prossimità dell'area indicata col nome di "Bosco delle Querce", sono state realizzate quattro sezioni geoelettriche, ubicate nella planimetria di figura 22, mentre i modelli tomografici di resistività elettrica vengono riportati nelle figure 23 ÷ 26.

L'area in passato è stata oggetto della realizzazione di una discarica di rifiuti tossico nocivi.

La disposizione delle sezioni è stata scelta in modo da ottenere una caratterizzazione dei terreni circostanti al corpo della discarica, nonché la verifica dell'ubicazione della stessa.

Sezione ERT 301

Tale linea geoelettrica è stata realizzata lungo il margine orientale dell'area in oggetto, in modo da osservare il passaggio dal terreno naturale al corpo della discarica.

Dall'analisi del modello tomografico riportato in figura 23, si osserva, nella prima metà sezione, la presenza di un livello resistivo superficiale (Rho = 500 ÷ 2000 Ohm·m, tonalità di colore giallo-rosso) costituito da materiali di riporto di natura ghiaiosa, risalenti probabilmente alle fasi di realizzazione della discarica.

Al disotto di tale livello, si riconosce poi un orizzonte mediamente conduttivo (Rho = 50 ÷ 300 Ohm·m, tonalità di colore azzurro-verde), verosimilmente costituito da terreni naturali sabbioso-limosi.

Nella seconda parte della sezione, al di sotto di un sottile livello di materiali di riporto mediamente conduttivi, si osserva una forte ed estesa anomalia resistiva (Rho > 3000 Ohm·m, tonalità di colore viola) dovuta alla presenza del telo di impermeabilizzazione presente sul fondo e sul top del corpo della discarica.

L'elevata uniformità dell'anomalia resistiva è sintomo della continuità e del buon funzionamento del telo stesso.

Sezioni ERT 302 e ERT 303

Le sezioni in esame sono state realizzate in direzione perpendicolare alla precedente linea ERT 301.

Osservando i relativi modelli tomografici, riportati nelle figure 24 e 25, si conclude che ambedue le sezioni sono state eseguite su terreno naturale caratterizzato, come già indicato in precedenza per la prima metà della sezione ERT 301, da materiali sabbioso-limosi (Rho = 100 ÷ 300 Ohm·m, tonalità di colore verde-giallo) a tratti maggiormente ghiaiosi (deboli lenti resistive superficiali, Rho = 300 ÷ 1000 Ohm·m, tonalità di colore giallo-arancio).

Sezione ERT 304

Tale ultima linea elettrica eseguita nel sito in esame è stata tracciata interamente al disopra del corpo della discarica e conferma l'ottimo stato di conservazione ed efficienza del telo di impermeabilizzazione posto sul fondo e sul top della discarica stessa la quale è caratterizzata, come già verificato nella seconda metà della sezione ERT 301, da una forte ed estesa anomalia resistiva (Rho > 3000 Ohm·m, tonalità di colore viola).

In figura 27 viene infine riportata una ricostruzione planimetrica dell'anomalia resistiva riconducibile al corpo della discarica di rifiuti tossico-nocivi.

7. SINTESI CONCLUSIVE

I risultati delle indagini geoelettriche realizzate in 3 diversi siti interferenti con il tracciato della futura Autostrada Pedemontana Lombarda hanno evidenziato la presenza di anomalie riconducibili a interramenti/riporti di terreni assimilabili a rifiuti.

Più in dettaglio si possono riportare, per ciascun sito analizzato, le seguenti considerazioni di sintesi:

a) per il sito 1 – ex Cava Girardi a Cesano Maderno (MI) – si sono evidenziate anomalie di tipo resistivo collegate verosimilmente a depositi (in rilevato o interrati) di probabili macerie e rifiuto indifferenziato;

b) per il sito 2 – Centro Sportivo di Meda (MI) – le anomalie rilevate sono di natura conduttiva e attribuibili a rilevati poggianti su terreno naturale, dei quali è ignota la natura senza ulteriori indagini dirette;

c) per il sito 3 – località "Bosco delle Querce" a Meda (MI) - non si sono rilevate anomalie, ad eccezione di quelle generate dai teli di copertura della nota discarica di rifiuti tossico-nocivi presente in loco per i quali, l'elevata uniformità della forte anomalia resistiva prodotta, è sintomo della continuità e del buon funzionamento degli stessi.

PROGEO
Dott. Gabriele Pulelli

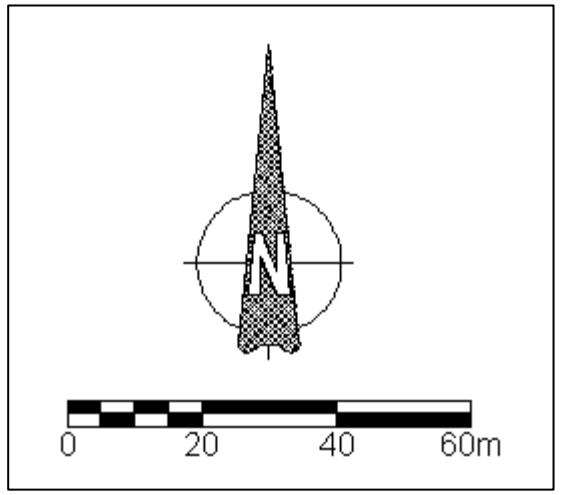
Hanno collaborato:

Dott. Fabrizio Fantini
Dott. Maurizio Furani
Dott. Giuseppe Galassi

Seguono Figure dalla 1 alla 27

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

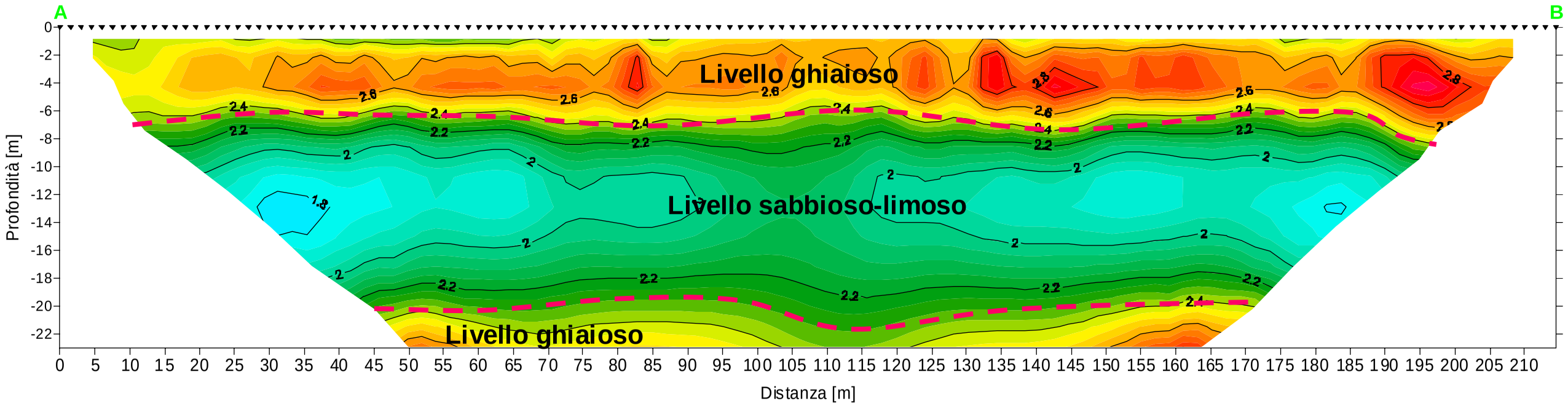
Ulbicazione indagini geoelettriche

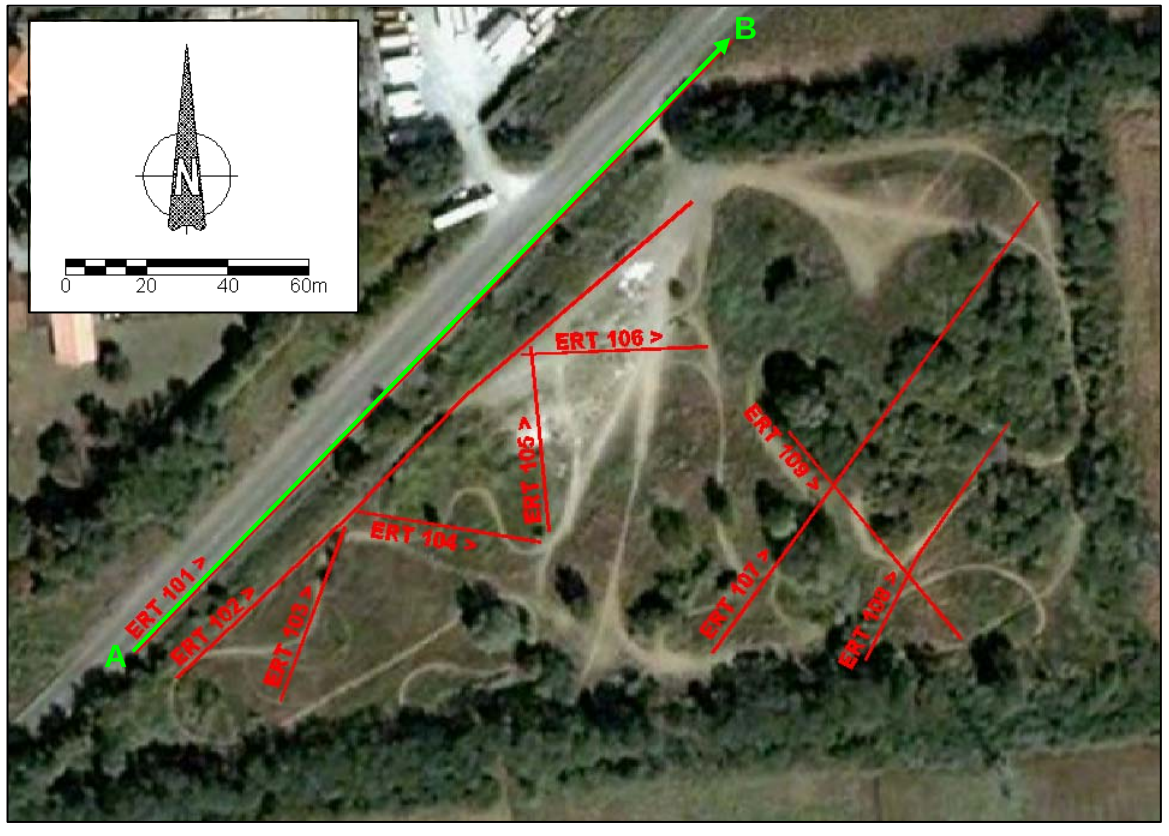


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	1

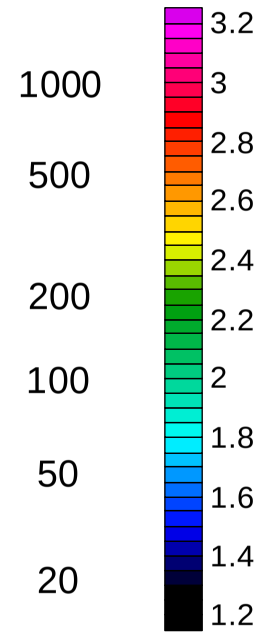
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 101: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





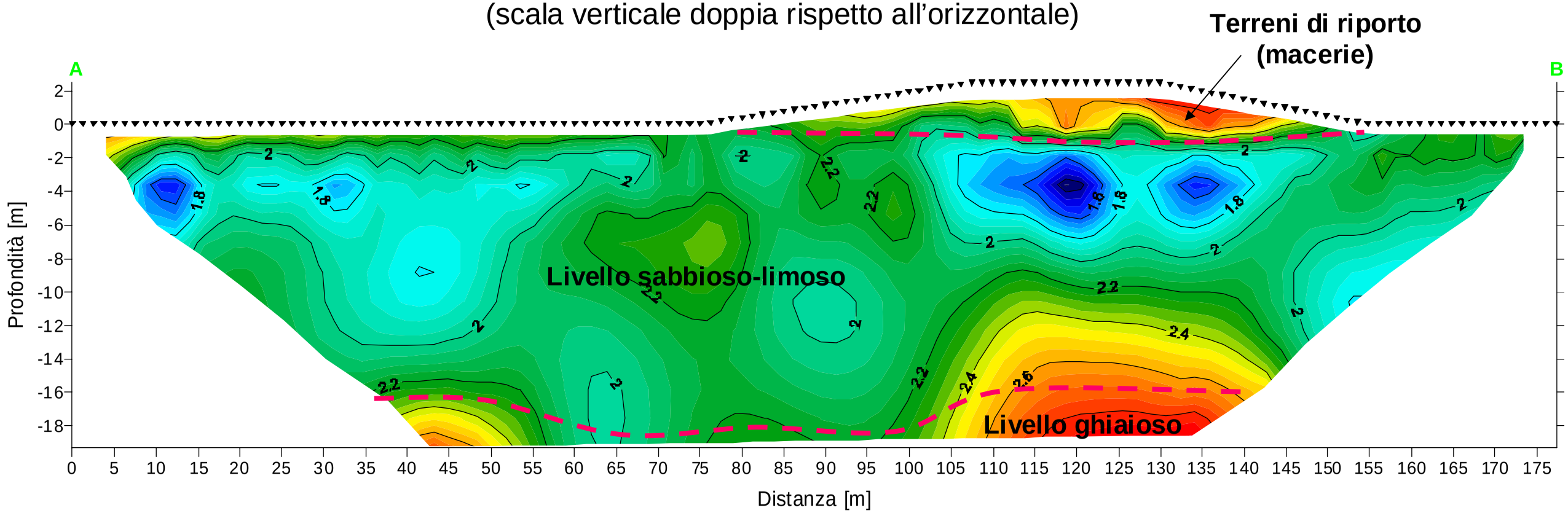
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

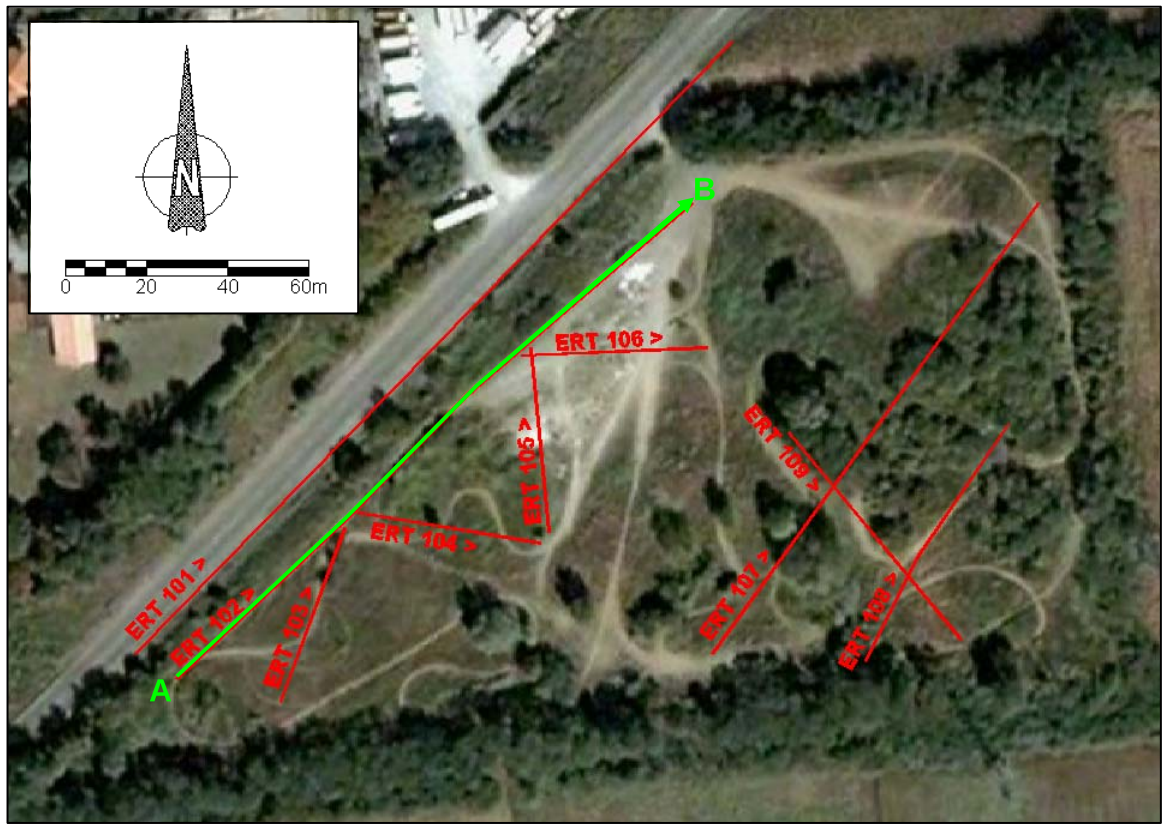


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	2

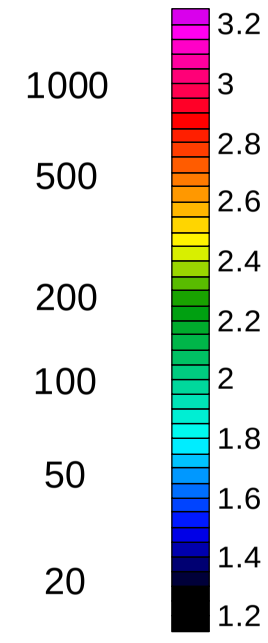
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 102: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





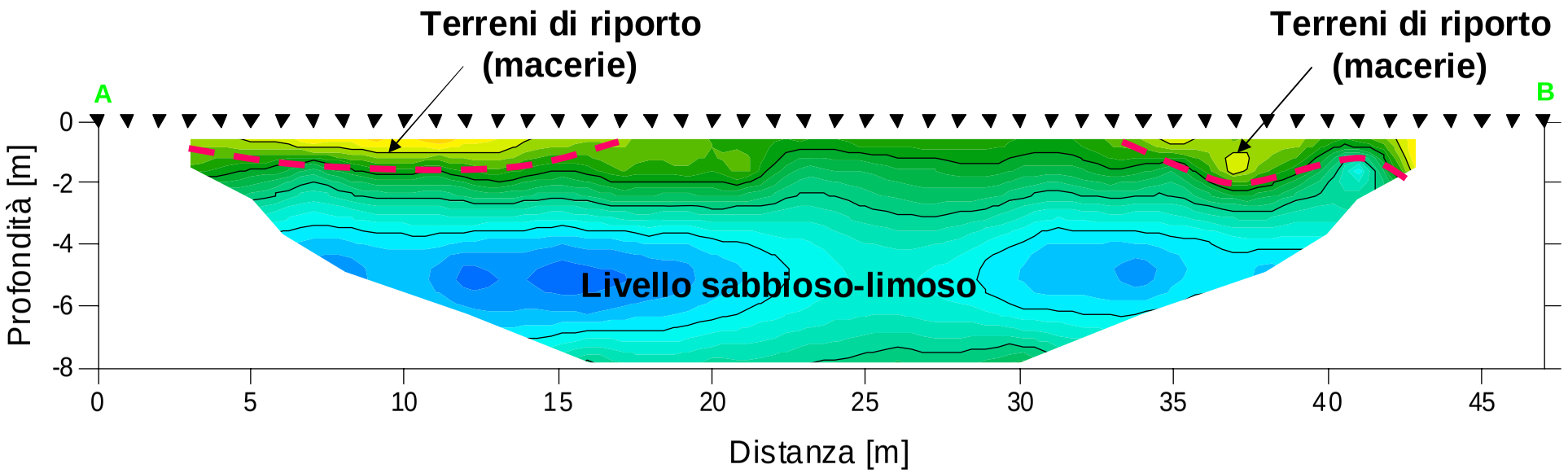
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

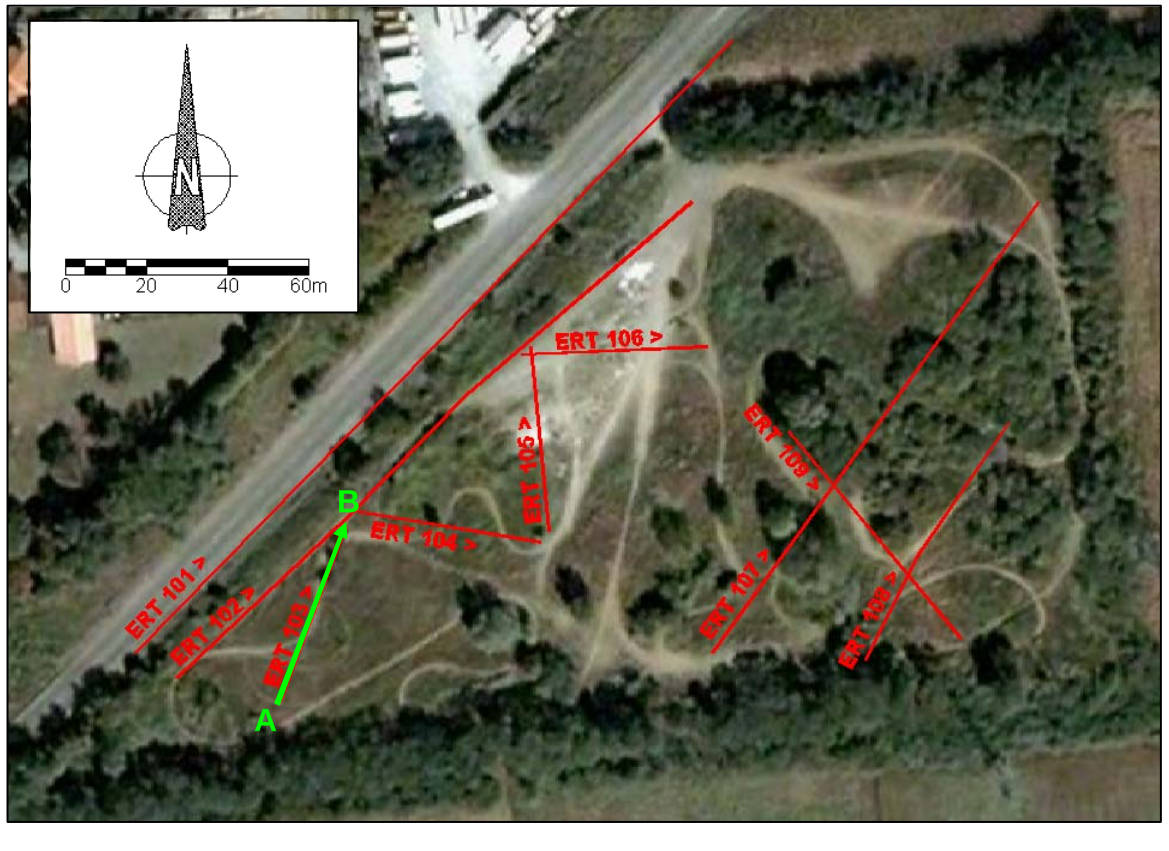


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	3

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 103: Modello tomografico di resistività elettrica





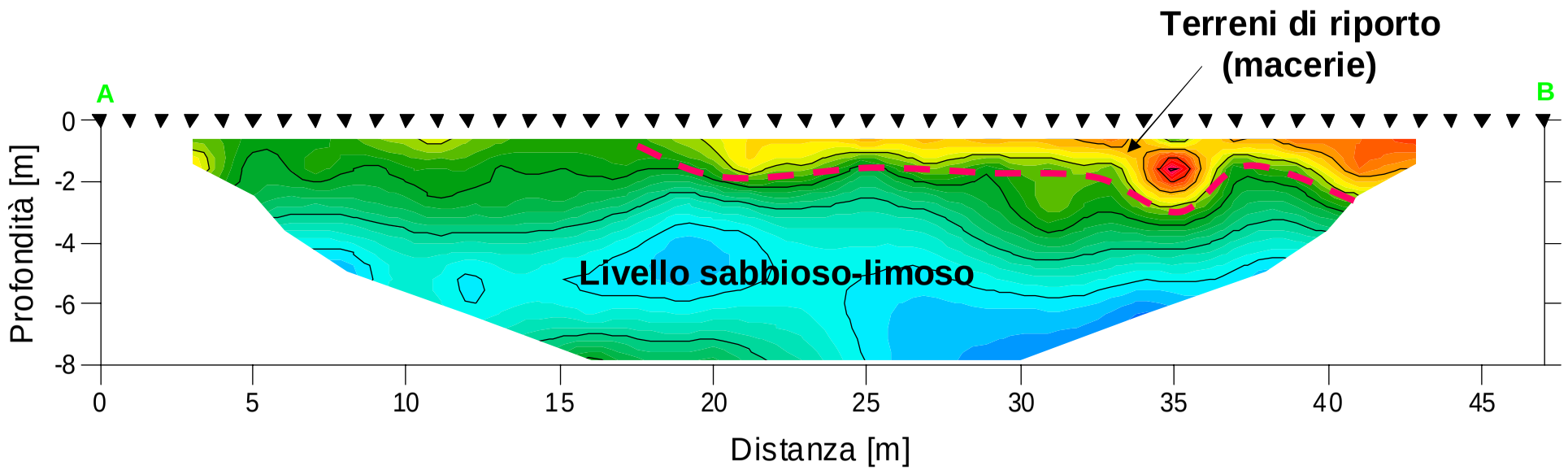
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

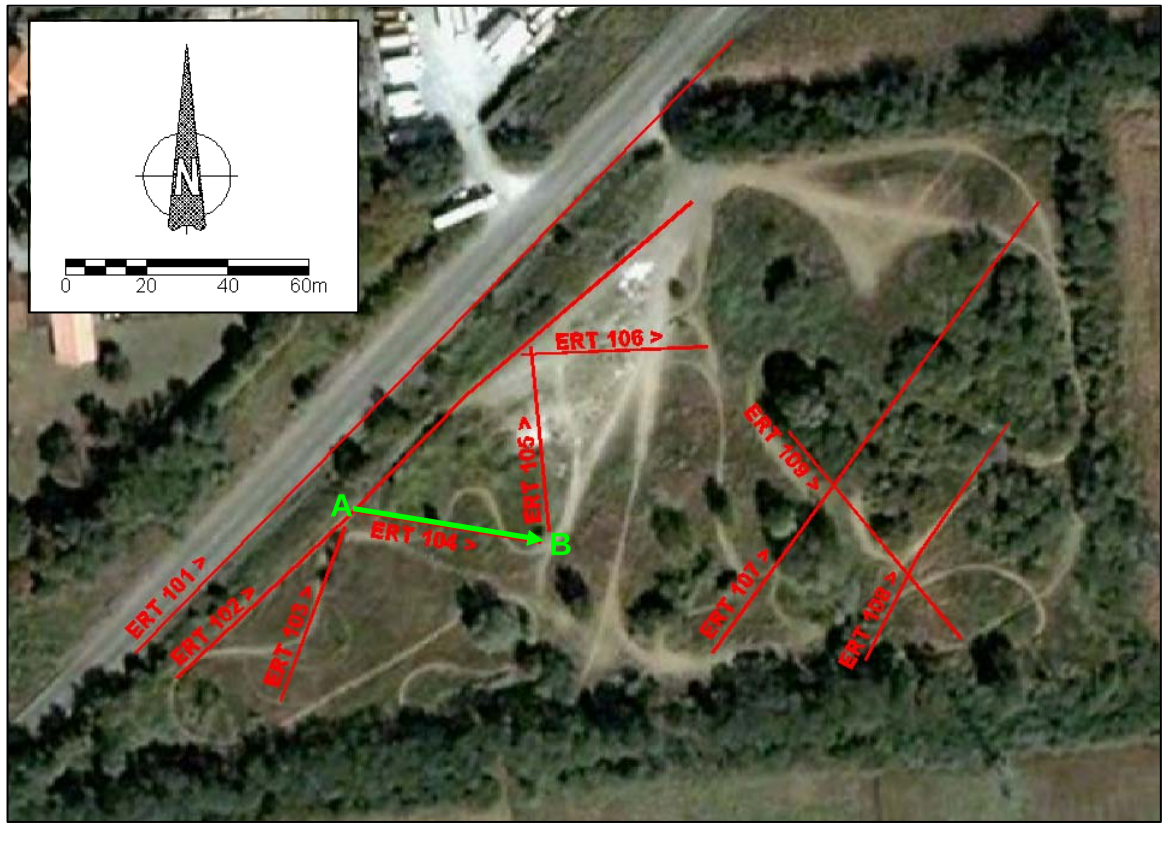
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
	3
500	2.8
	2.6
200	2.4
	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	4

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 104: Modello tomografico di resistività elettrica





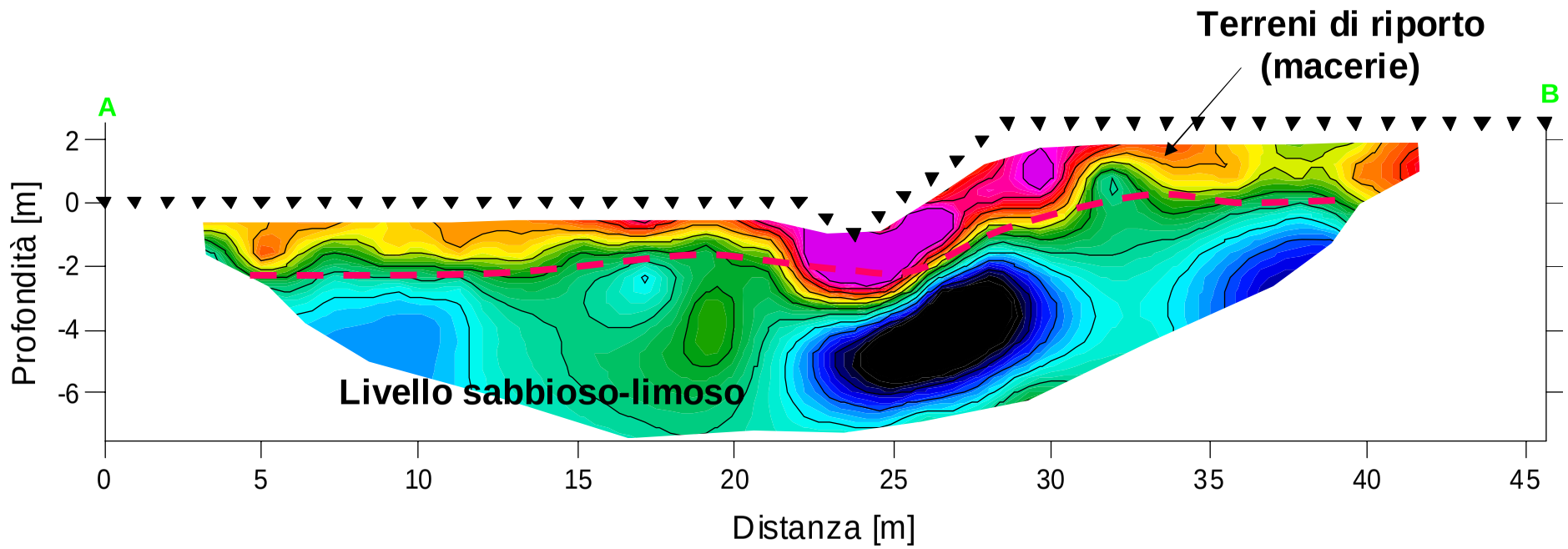
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

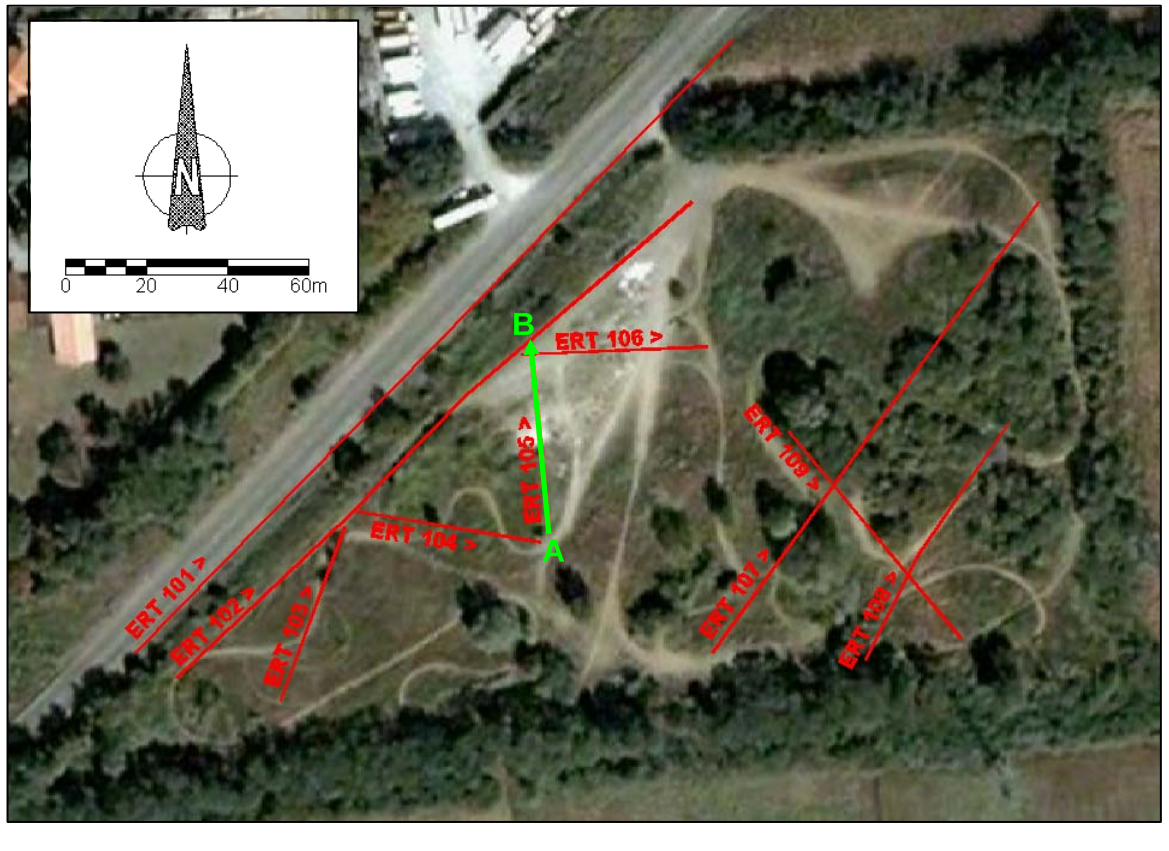
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	5

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 105: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

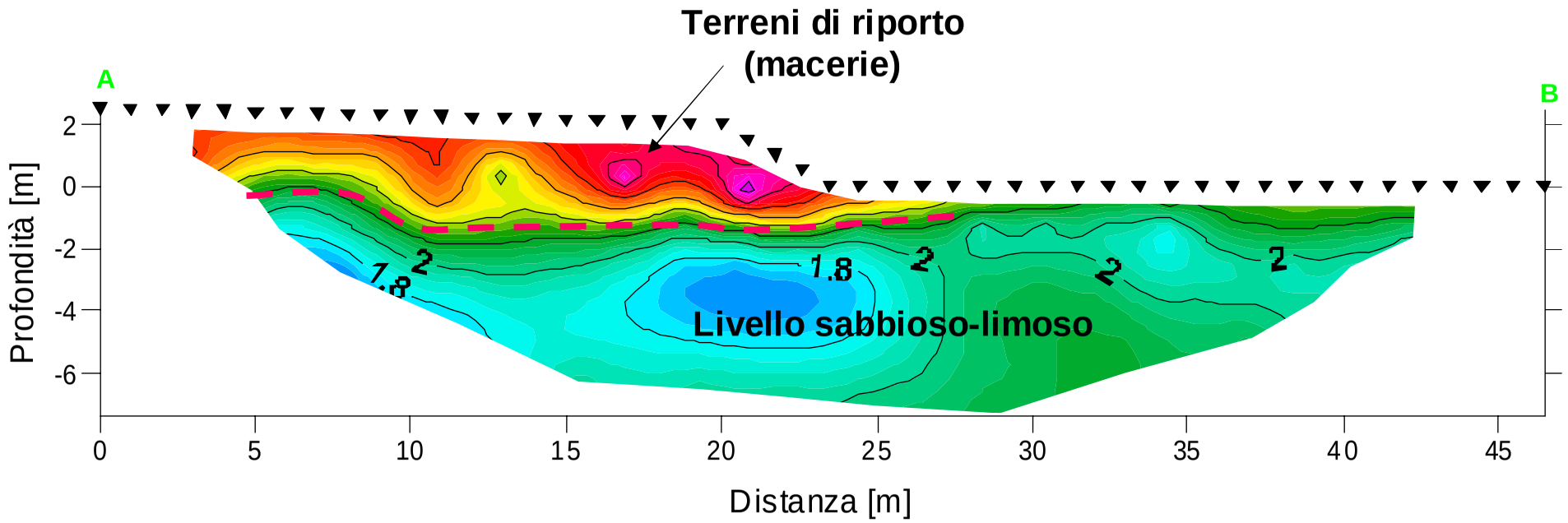
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

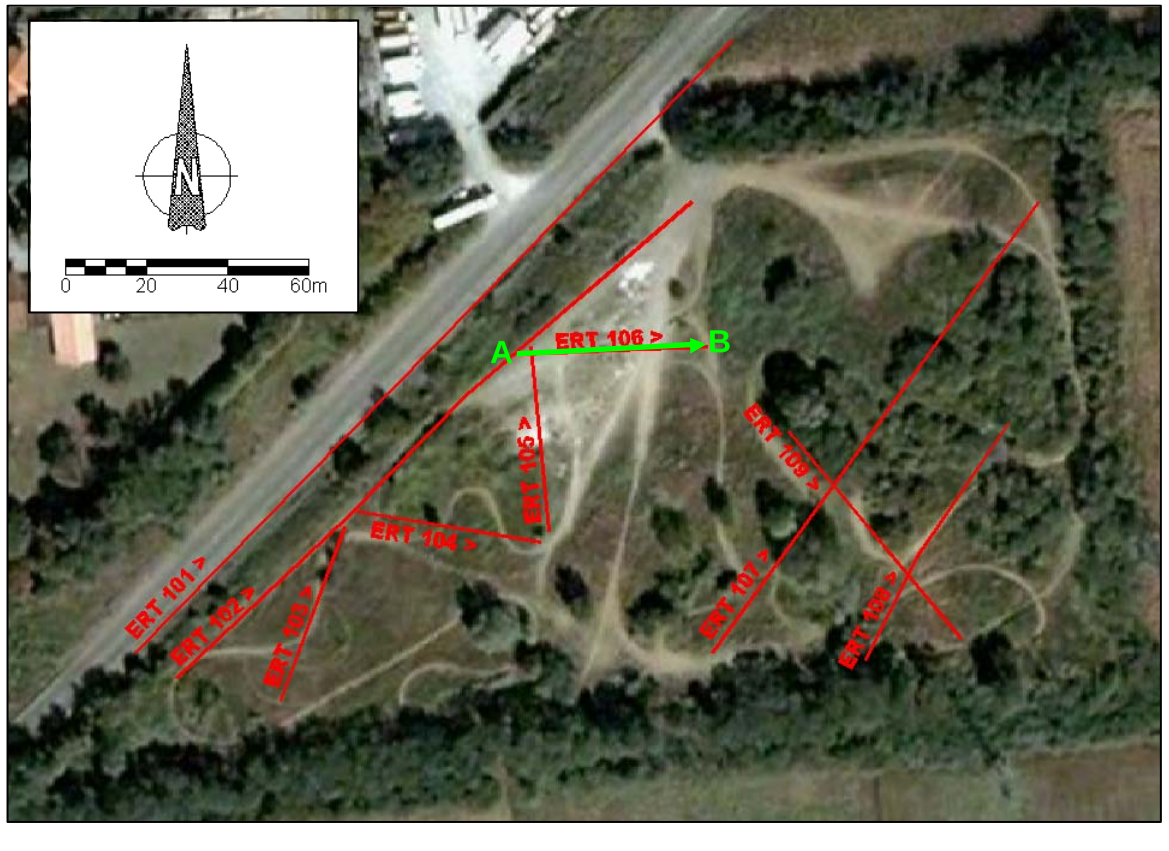
ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**6**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 106: Modello tomografico di resistività elettrica





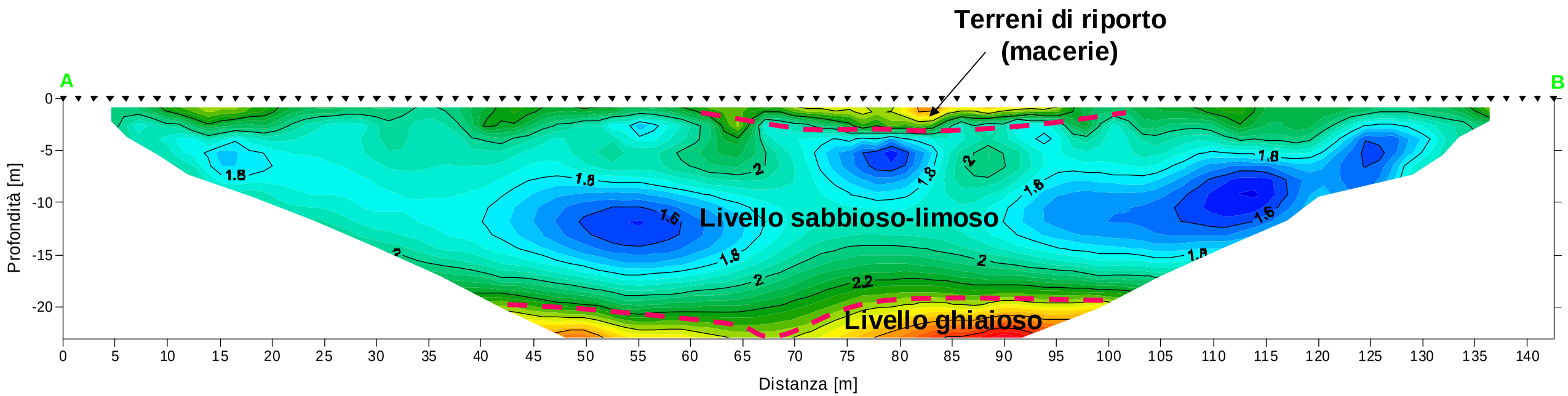
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

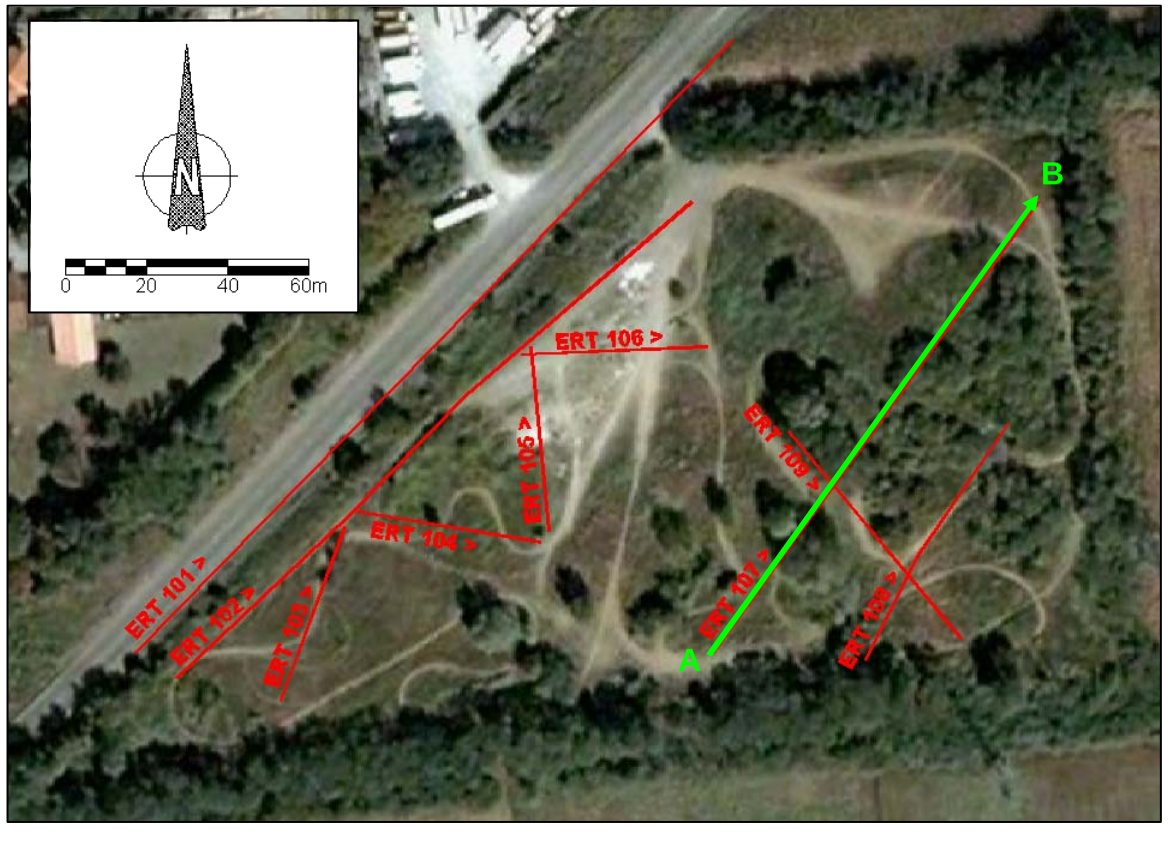
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
500	3
200	2.8
100	2.6
50	2.4
20	2.2
	2
	1.8
	1.6
	1.4
	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	7

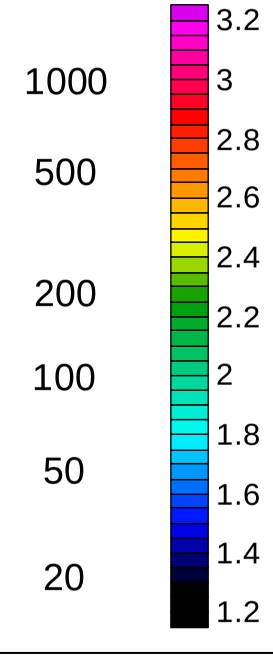
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 107: Modello tomografico di resistività elettrica





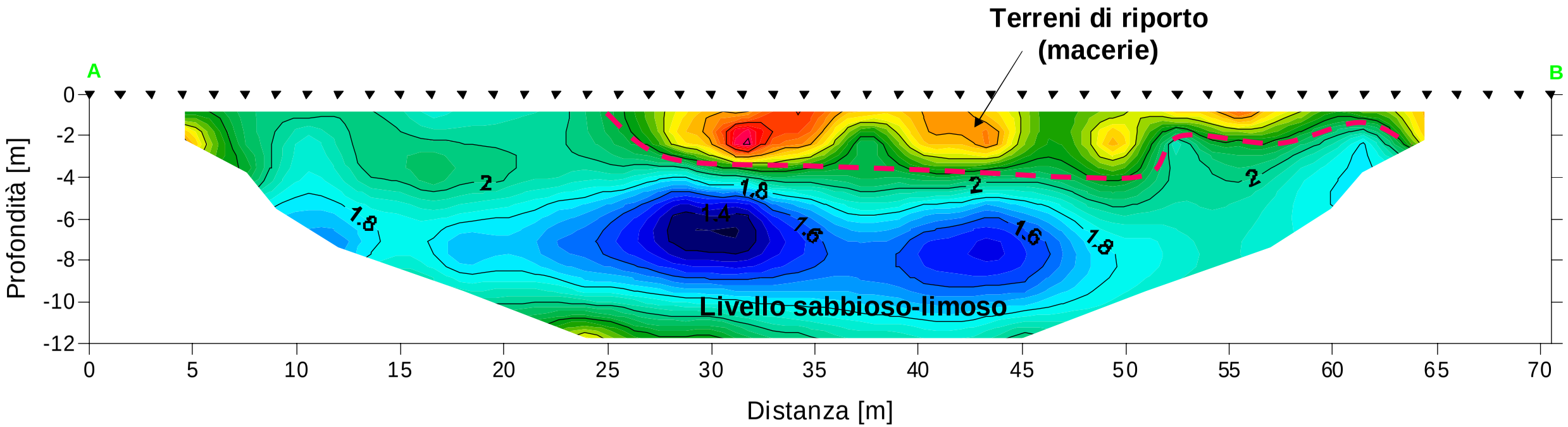
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

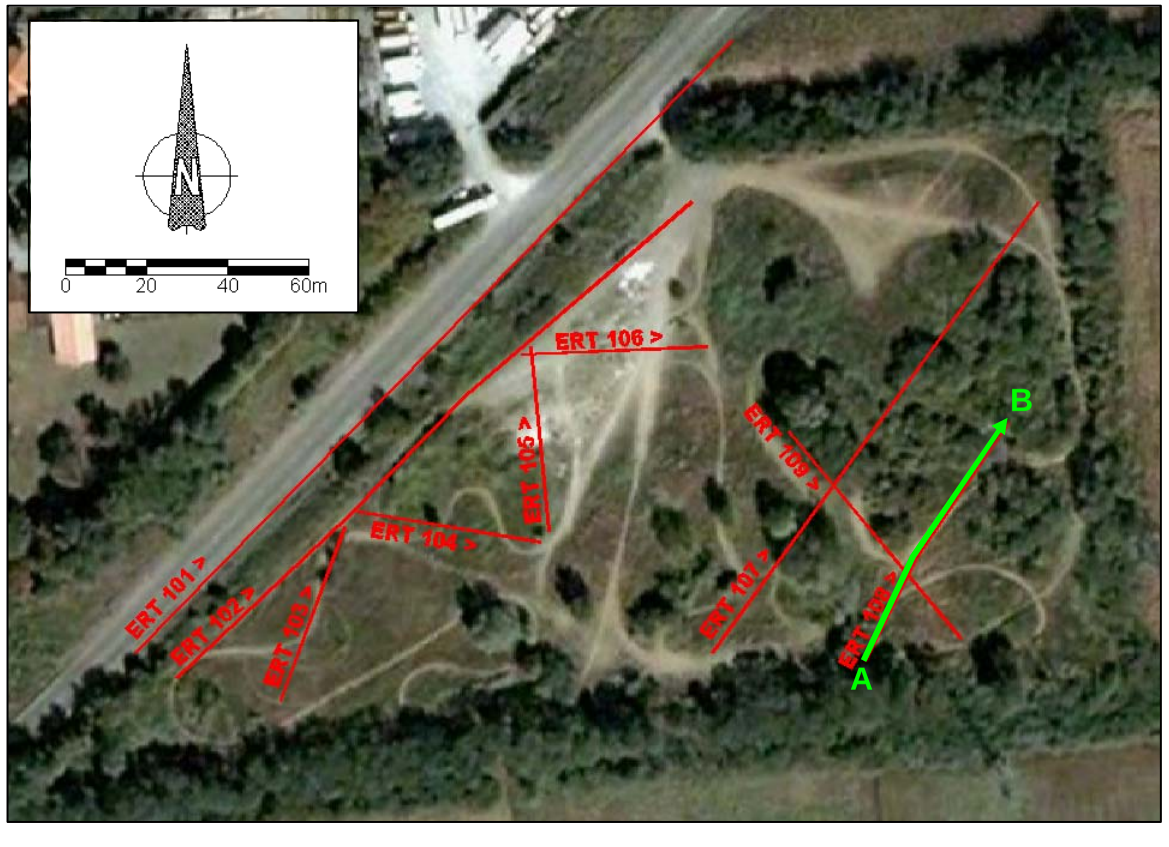


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	8

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 108: Modello tomografico di resistività elettrica





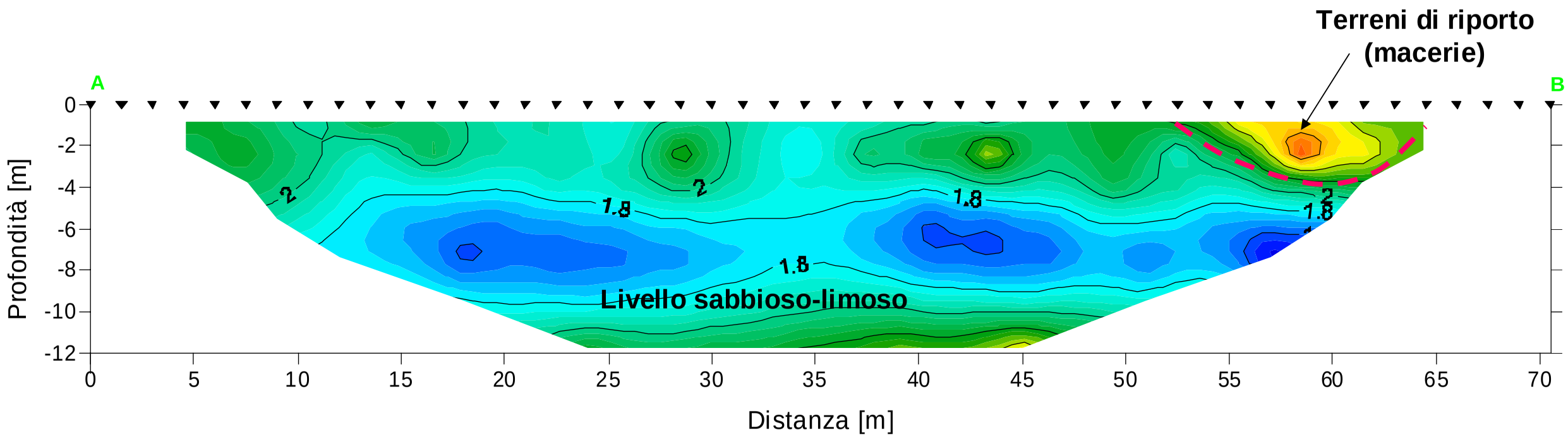
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

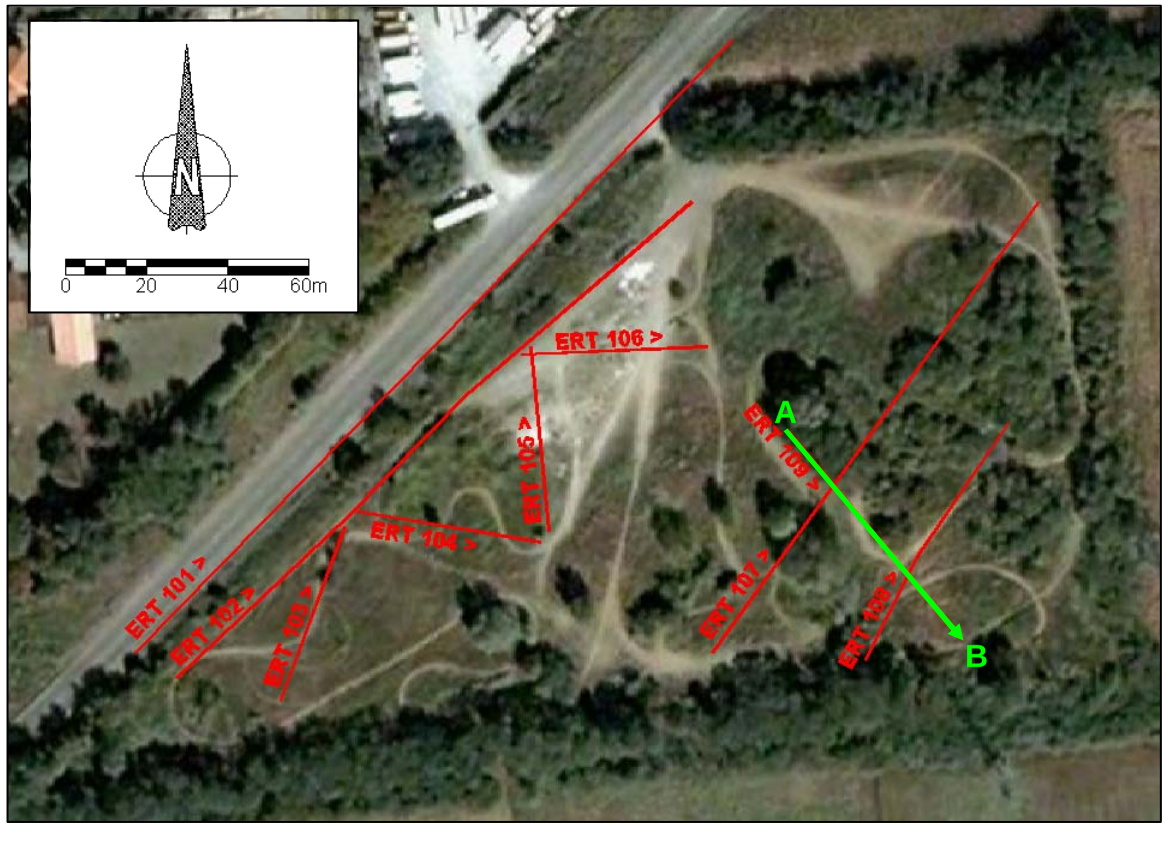
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
	3
500	2.8
	2.6
200	2.4
	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE **RCT srl - VIGER LAB srl**		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**9**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 109: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

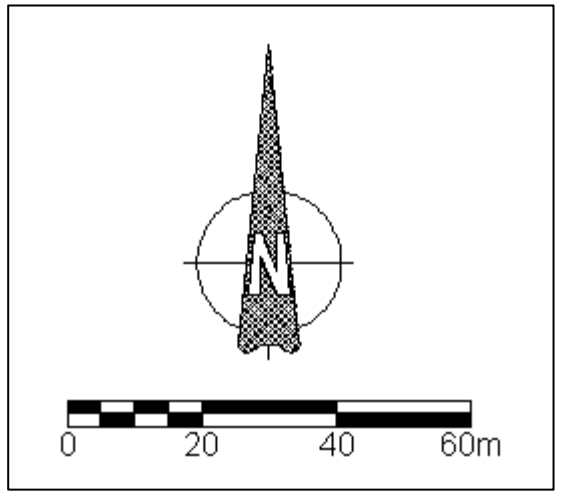
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
	3
500	2.8
	2.6
200	2.4
	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**10**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate



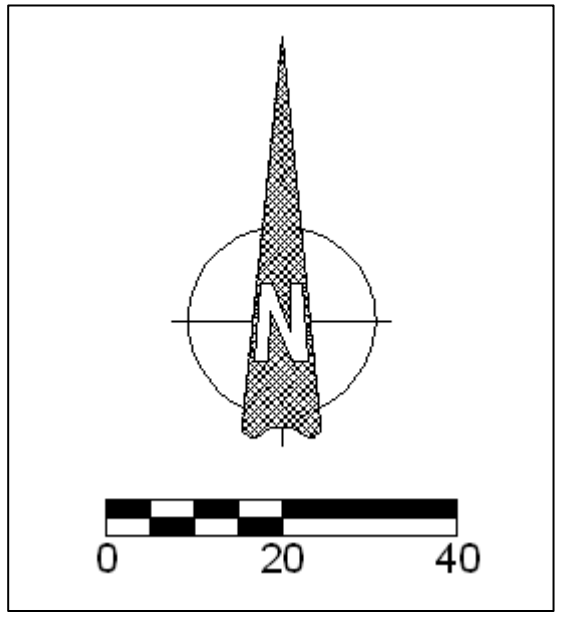
Legenda

- Sezioni ERT
- Anomalie resistive: probabili macerie interrate

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	11

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

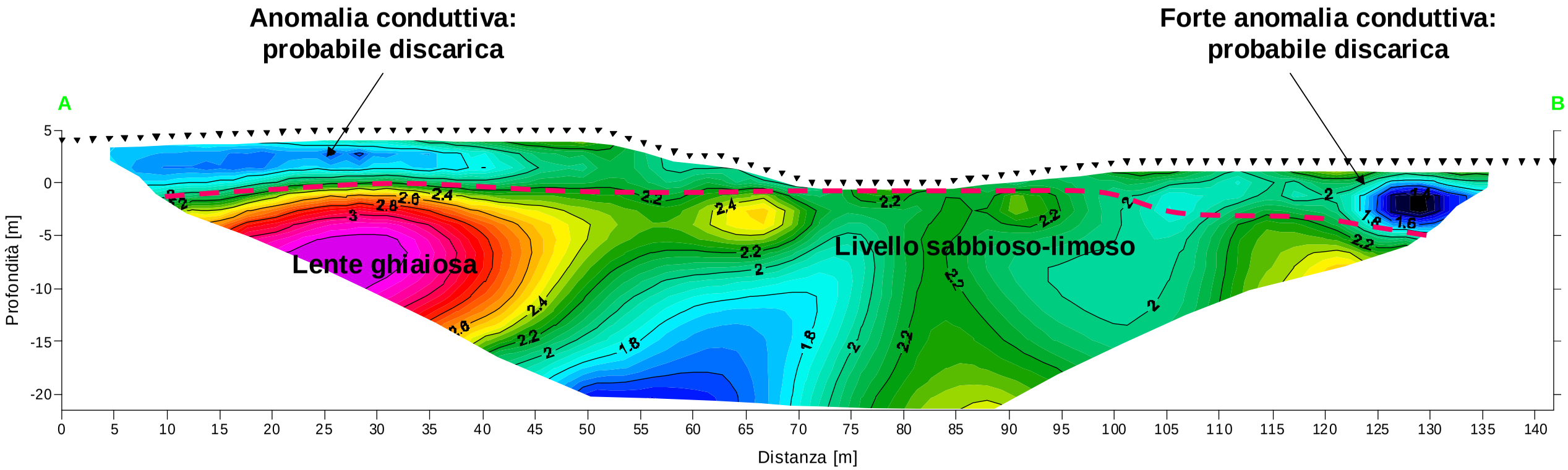
Ulbicazione indagini geoelettriche

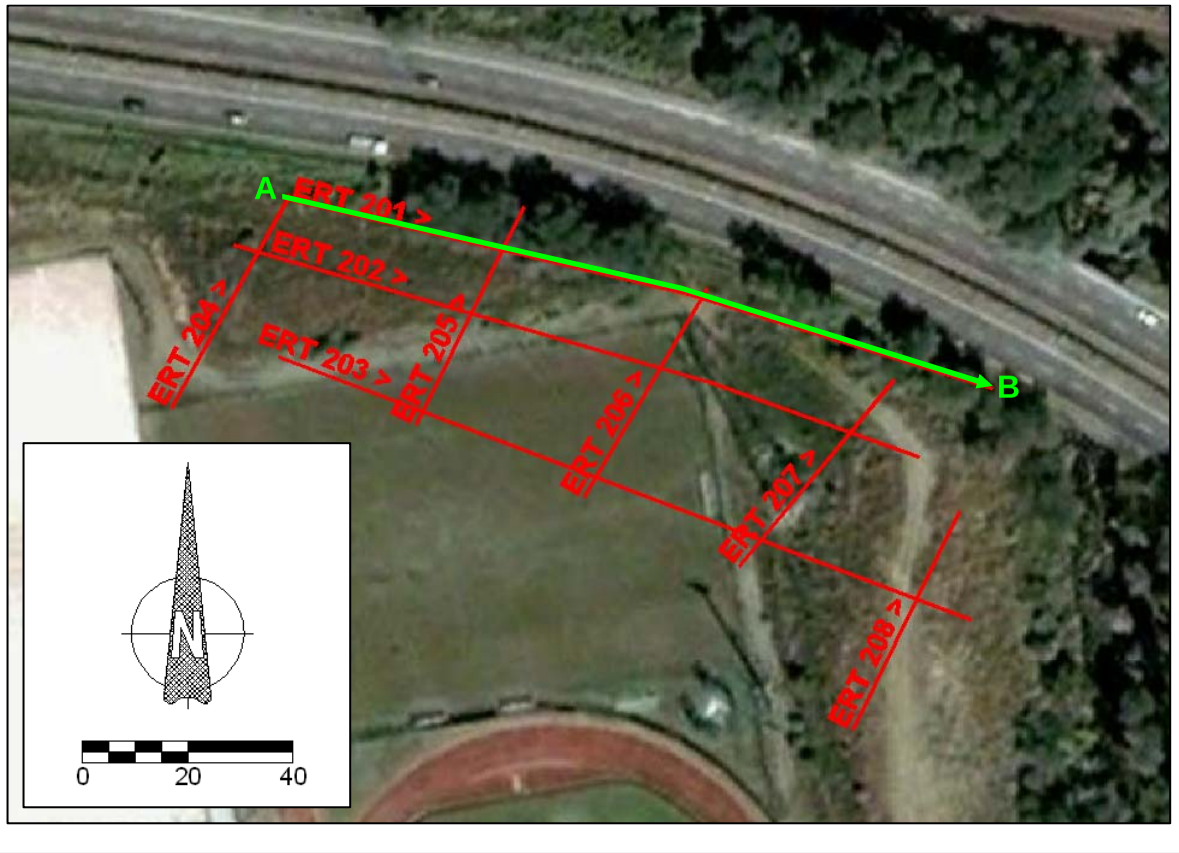


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**12**

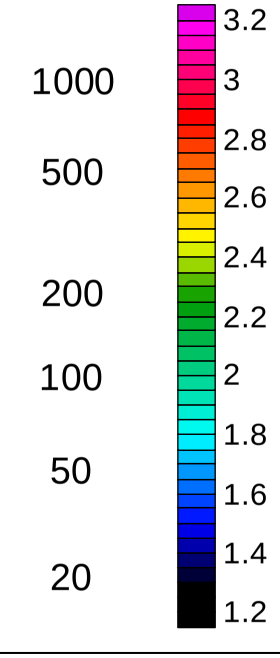
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 201: Modello tomografico di resistività elettrica





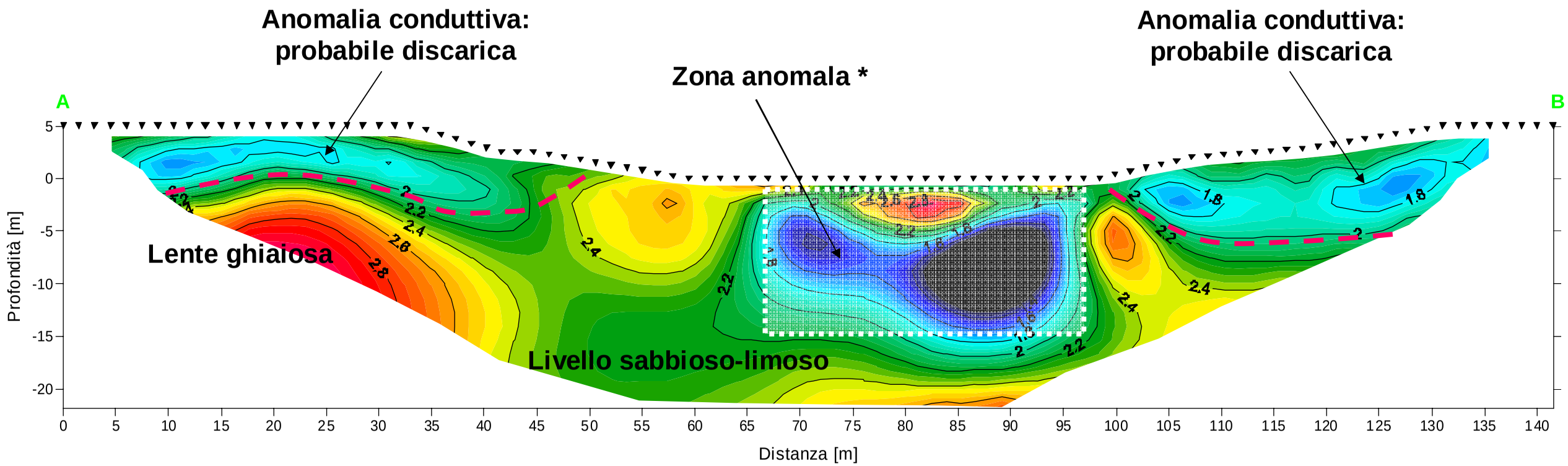
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

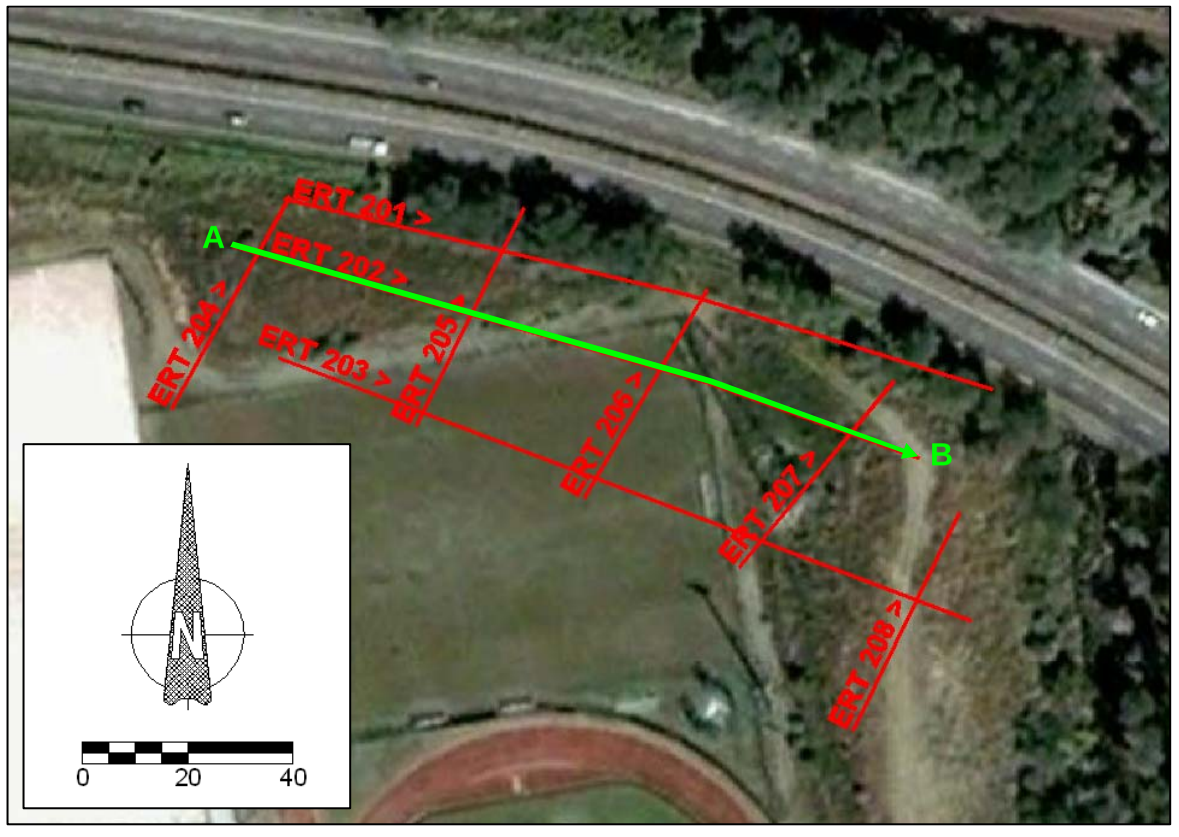


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**13**

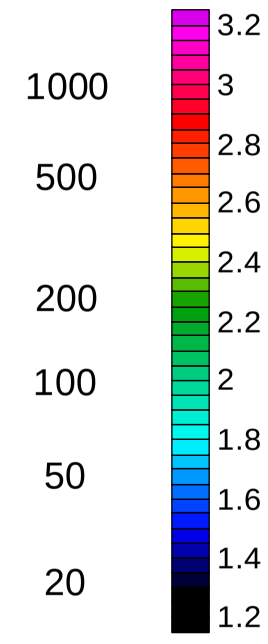
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 202: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

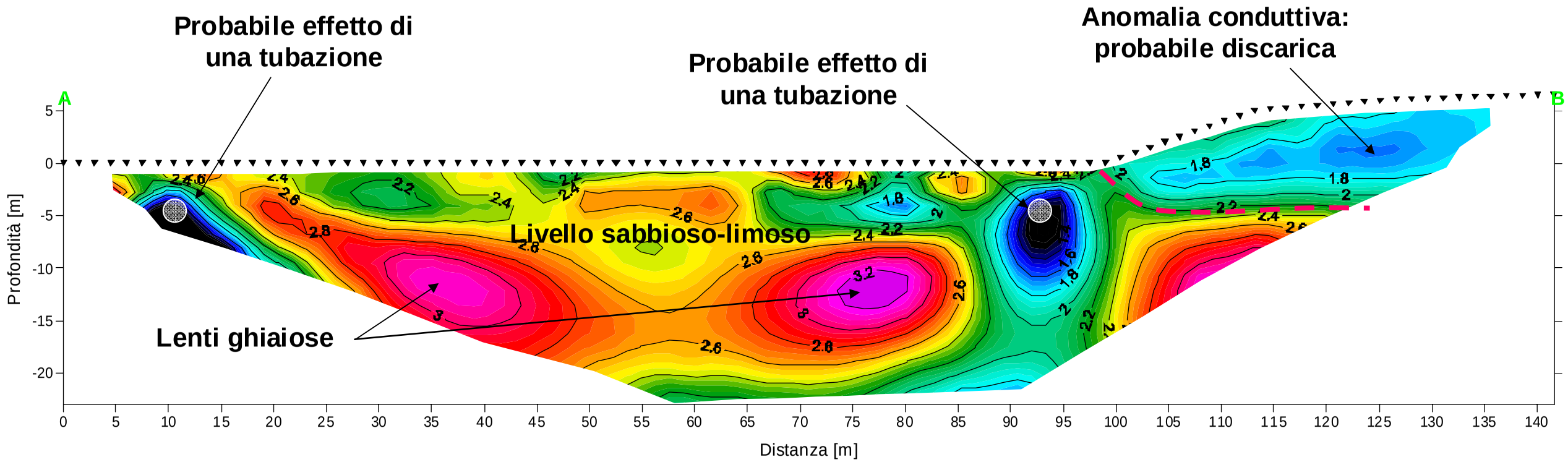


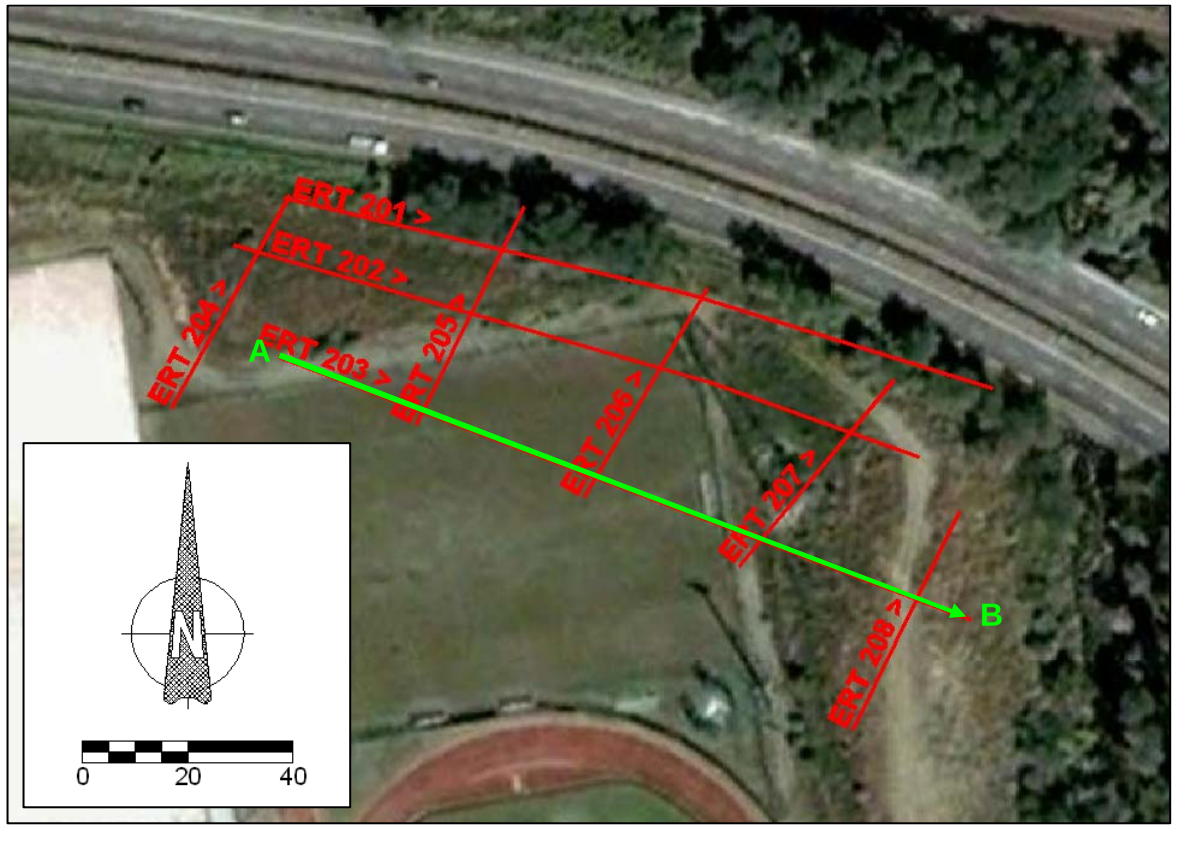
***** Tale zona presenta valori di resistività elettrica non conformi alla situazione circostante: il disturbo è probabilmente dovuto alla presenza della recinzione perimetrale del campo da calcio (con relativa fondazione in cemento armato) e di una tunazione ad essa parallela.

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**14**

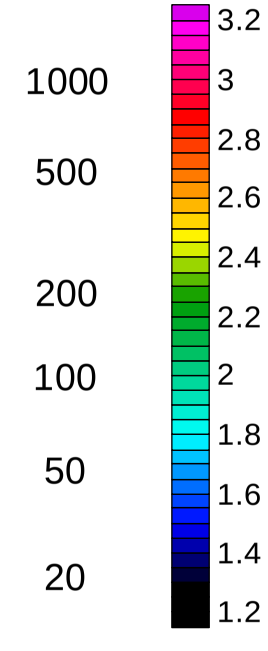
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 203: Modello tomografico di resistività elettrica





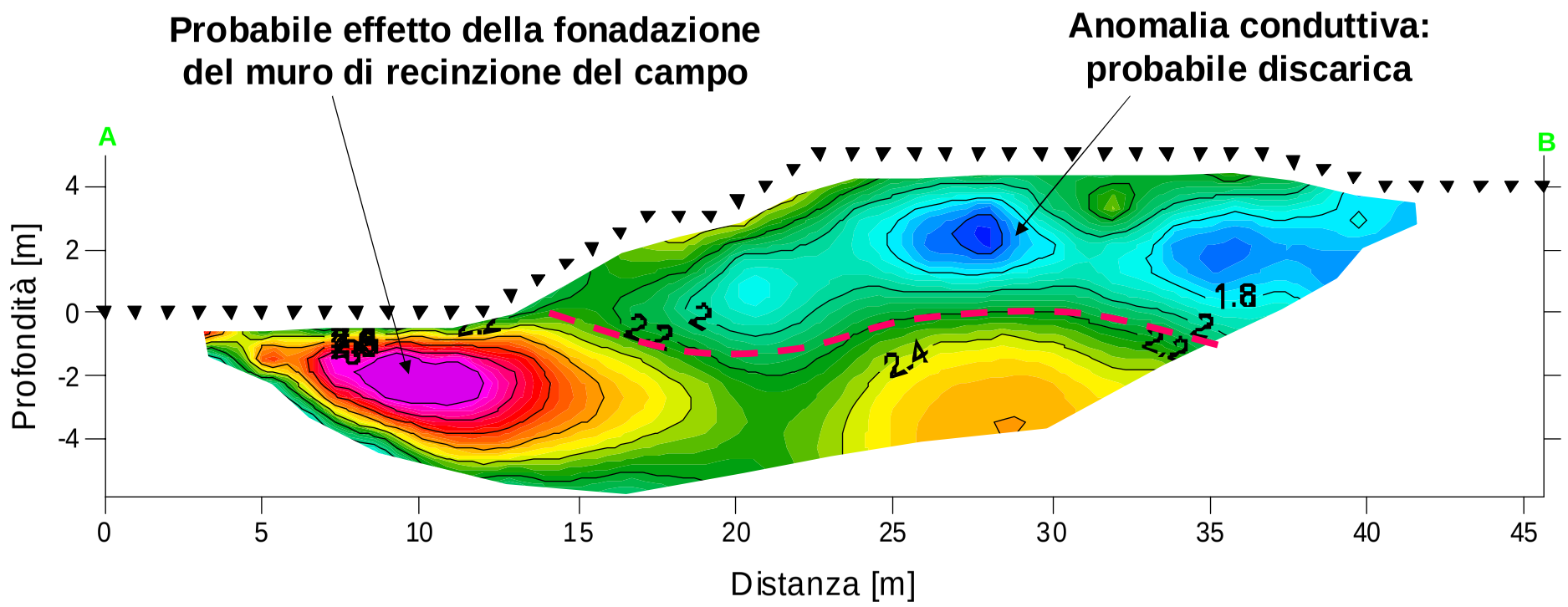
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

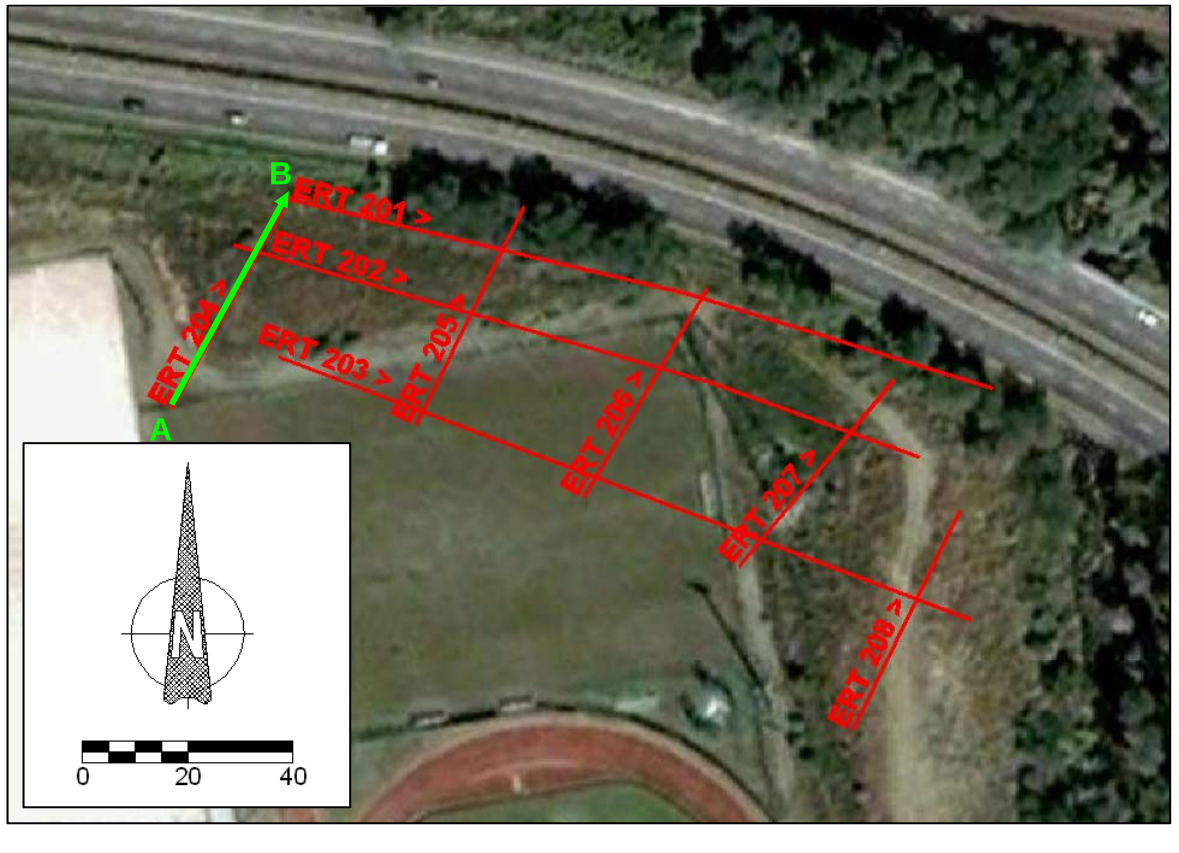


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**15**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 204: Modello tomografico di resistività elettrica





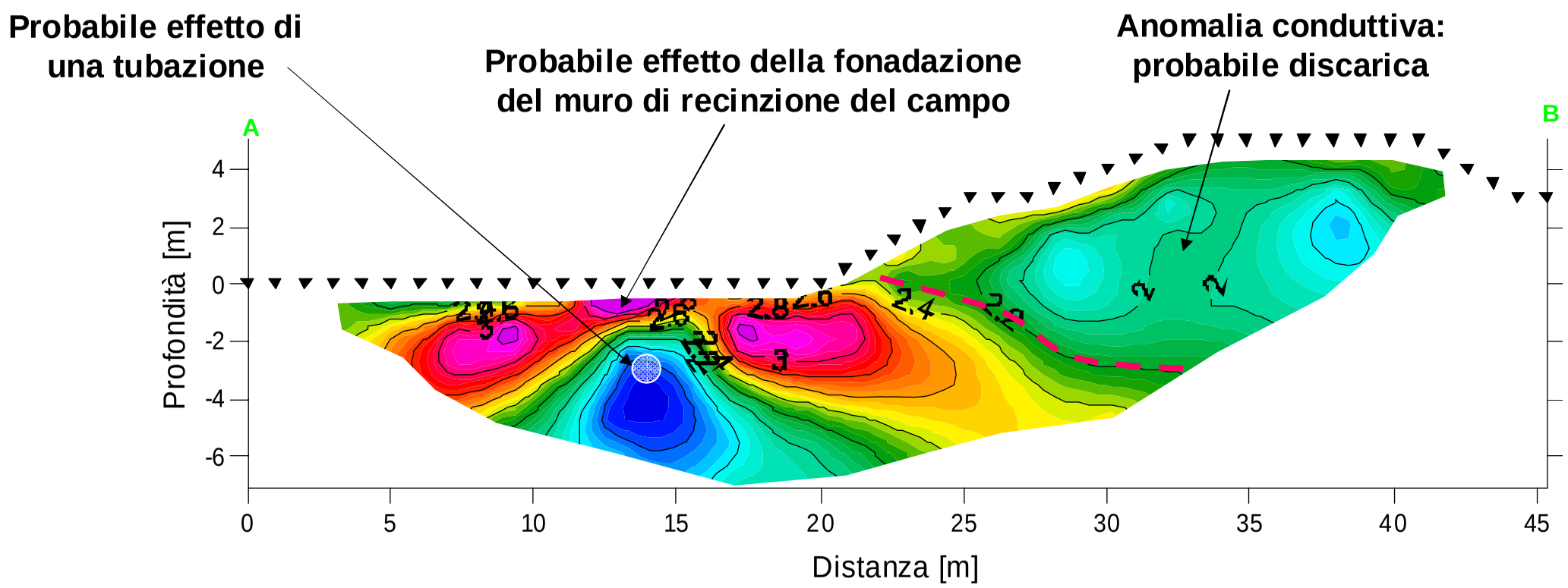
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

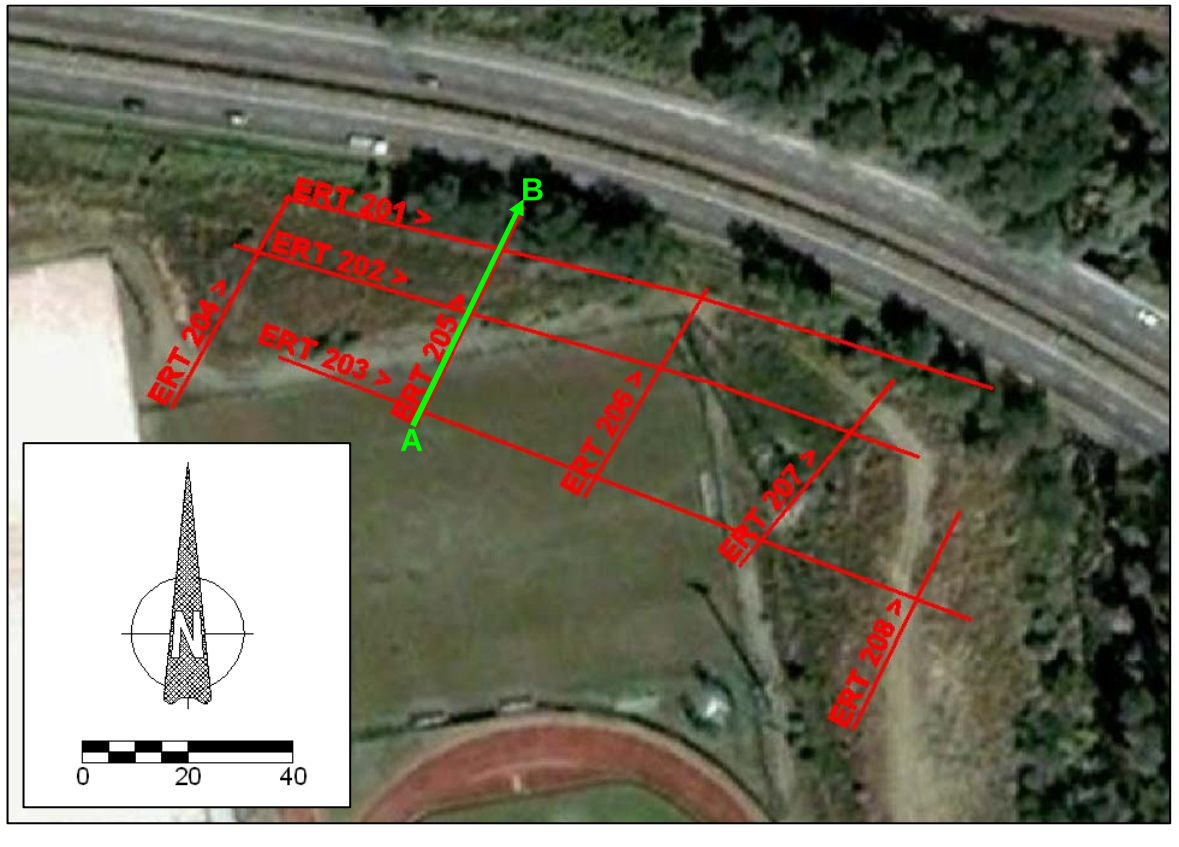
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	16

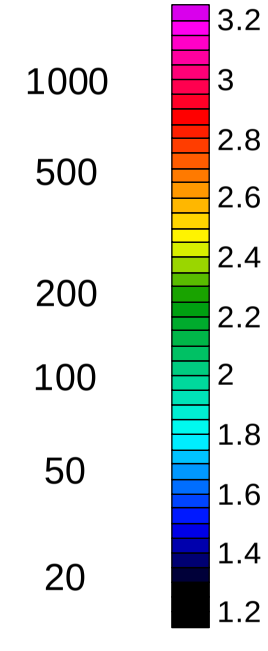
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 205: Modello tomografico di resistività elettrica





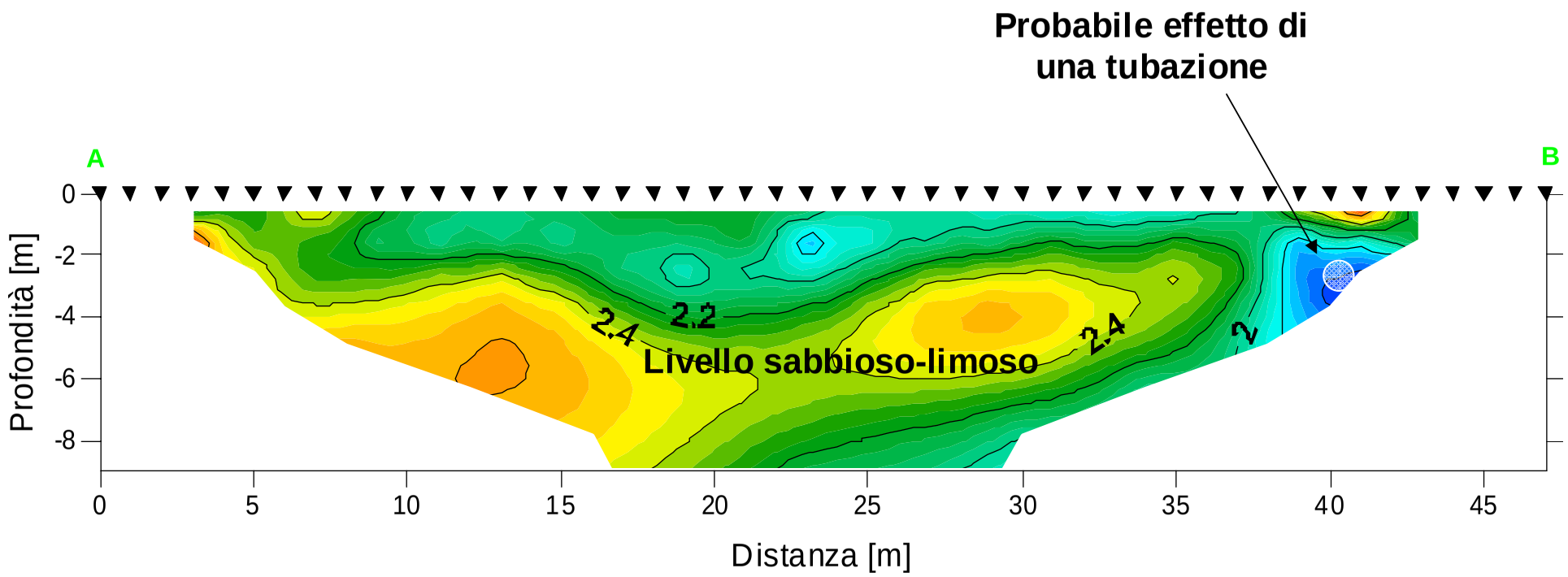
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

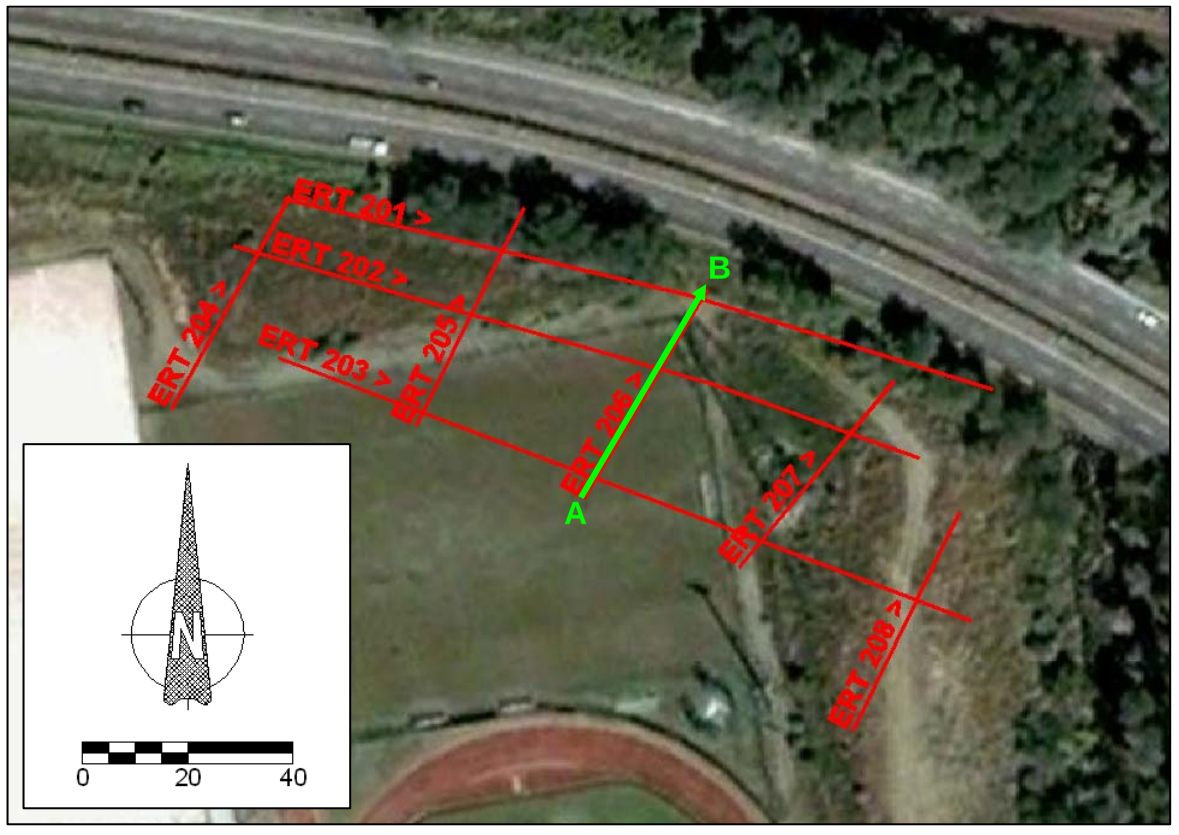


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	17

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 206: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

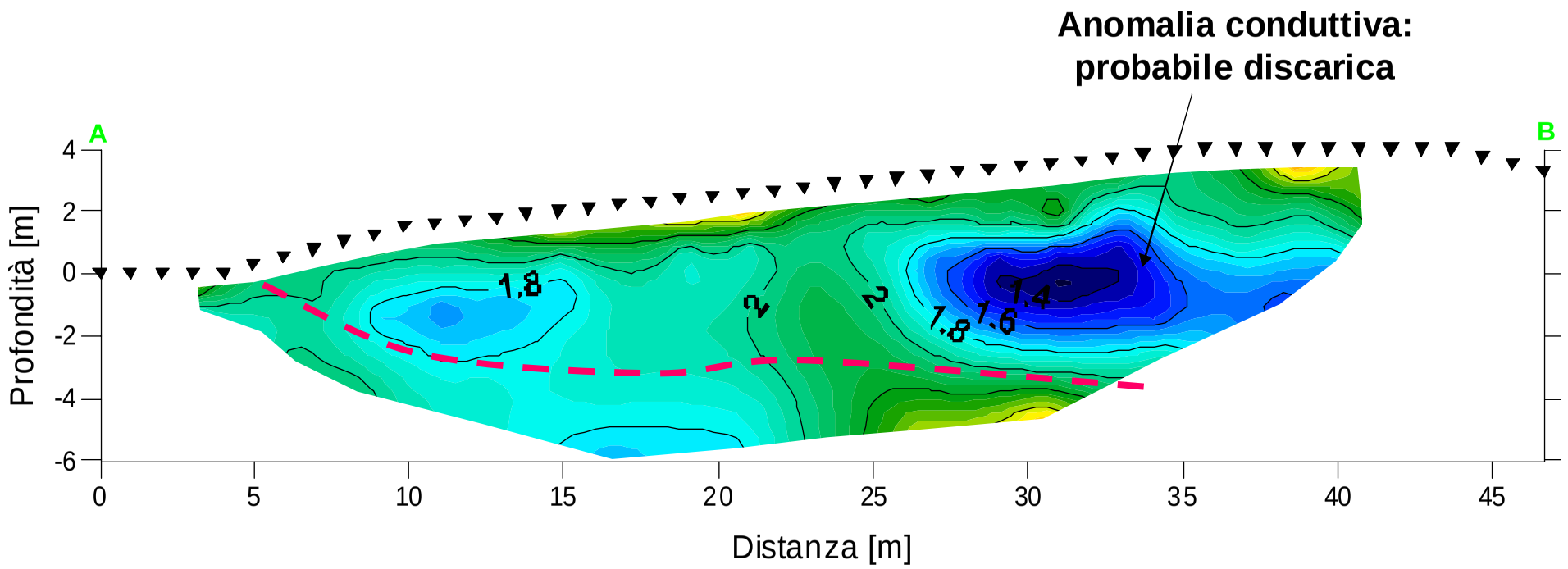
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

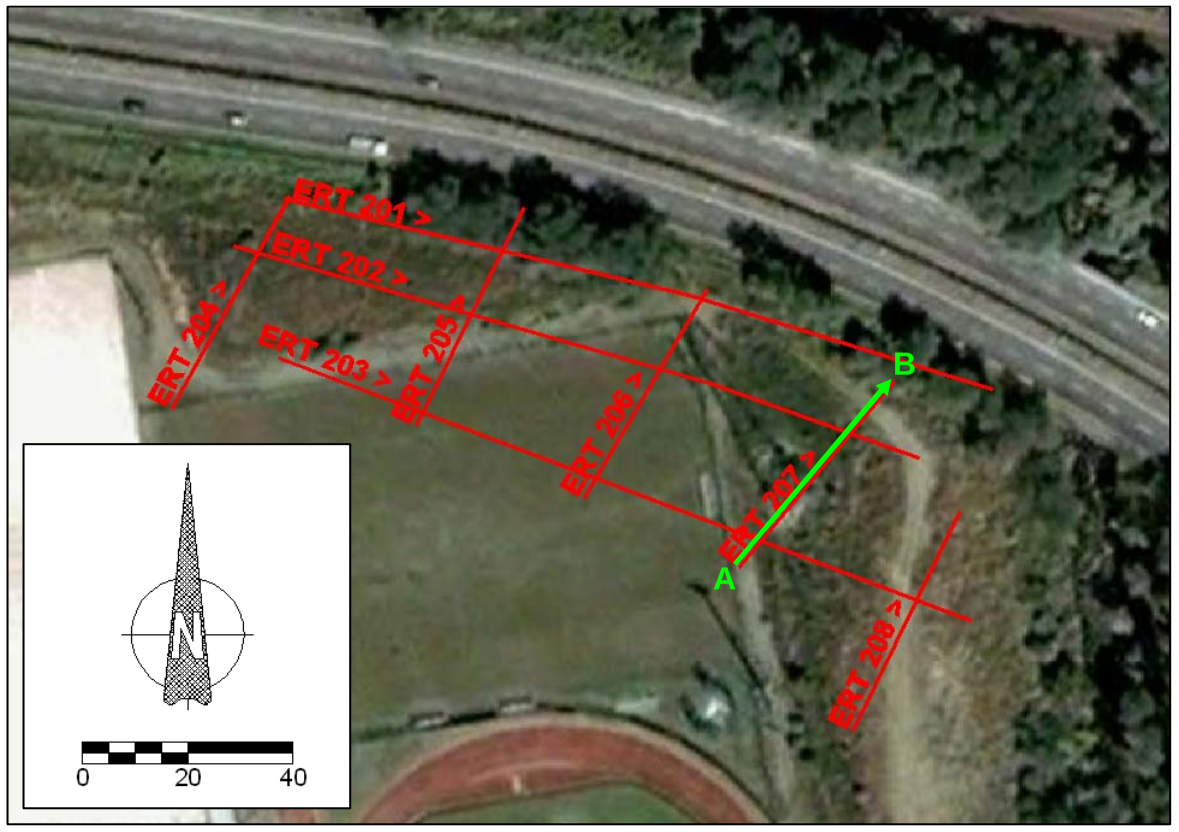
ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**18**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 207: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

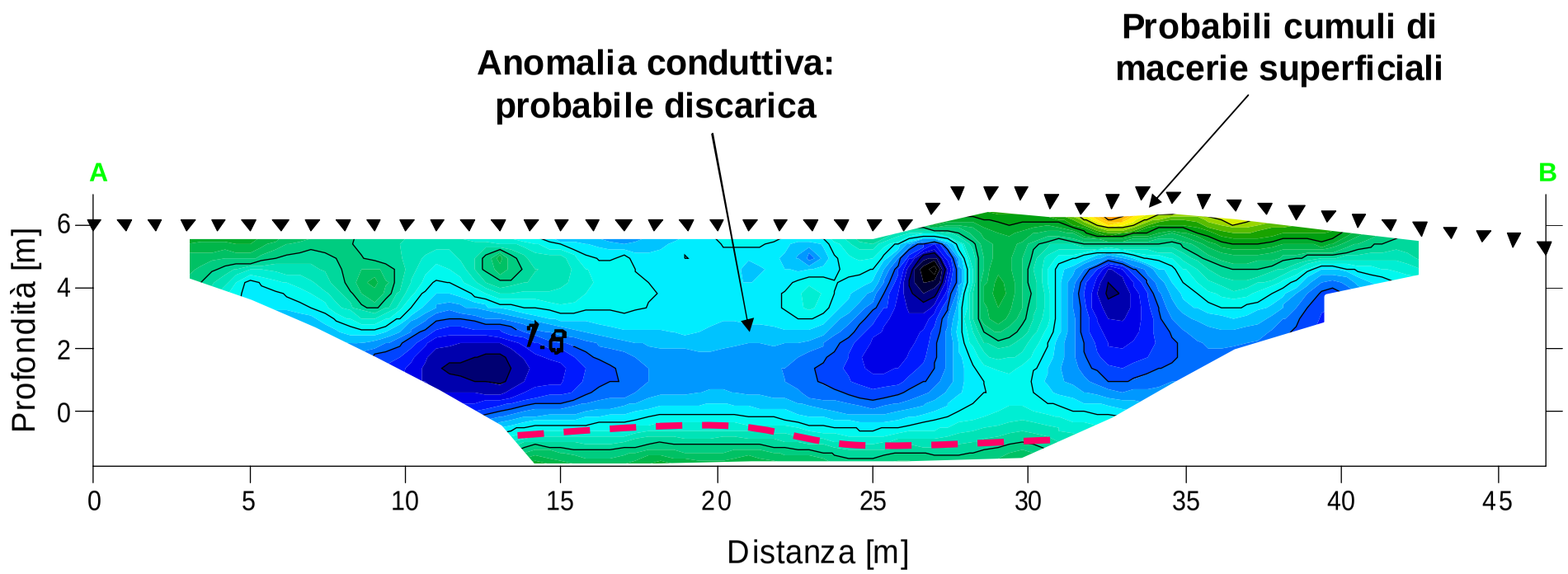
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

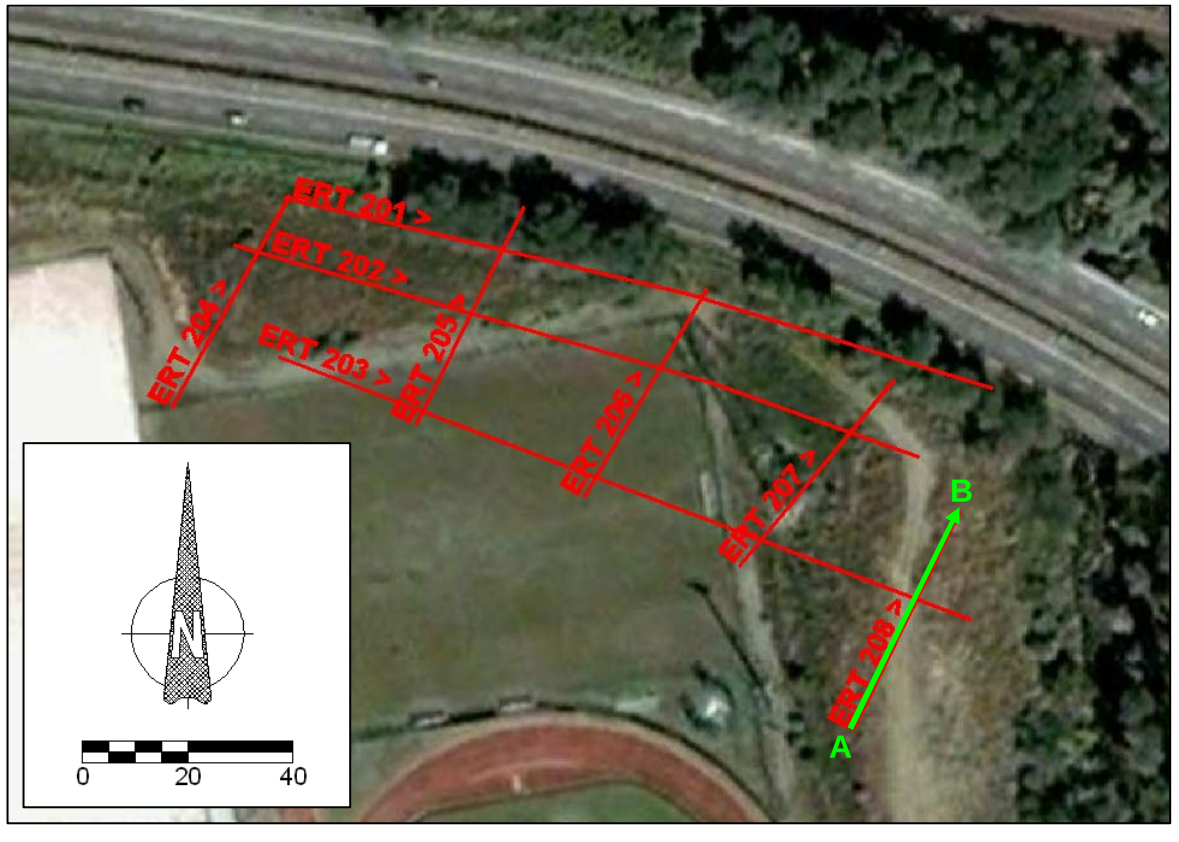
ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**19**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 208: Modello tomografico di resistività elettrica





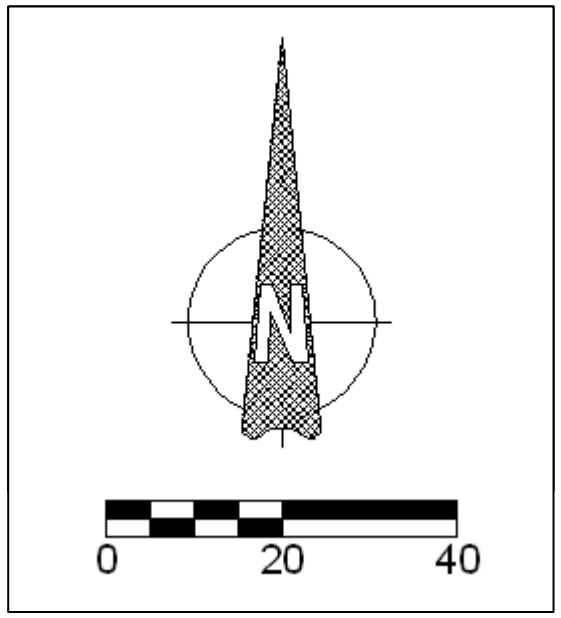
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	20

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate



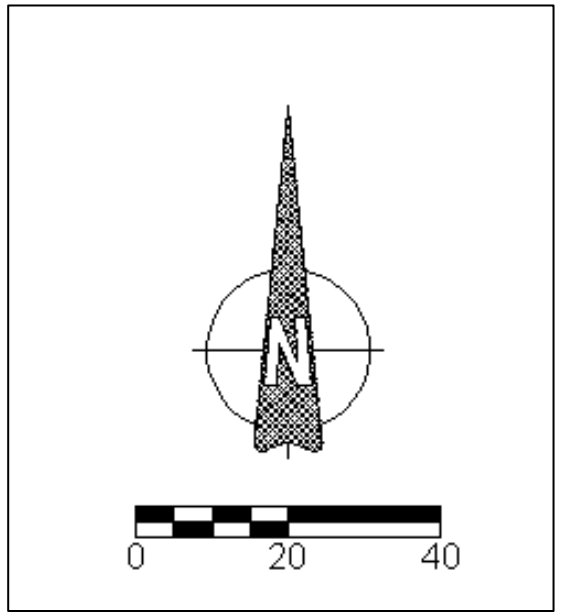
Legenda

- Sezioni ERT
- Anomalie conduttive: probabili rifiuti interrati

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	21

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

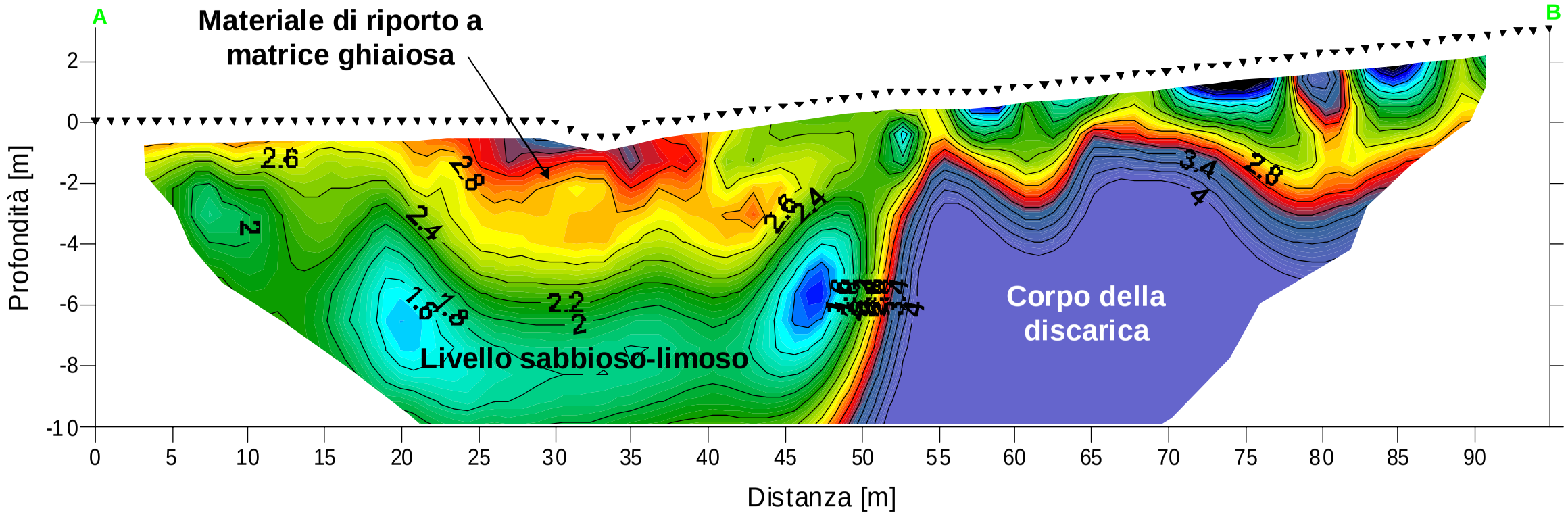
Ulbicazione indagini geoelettriche

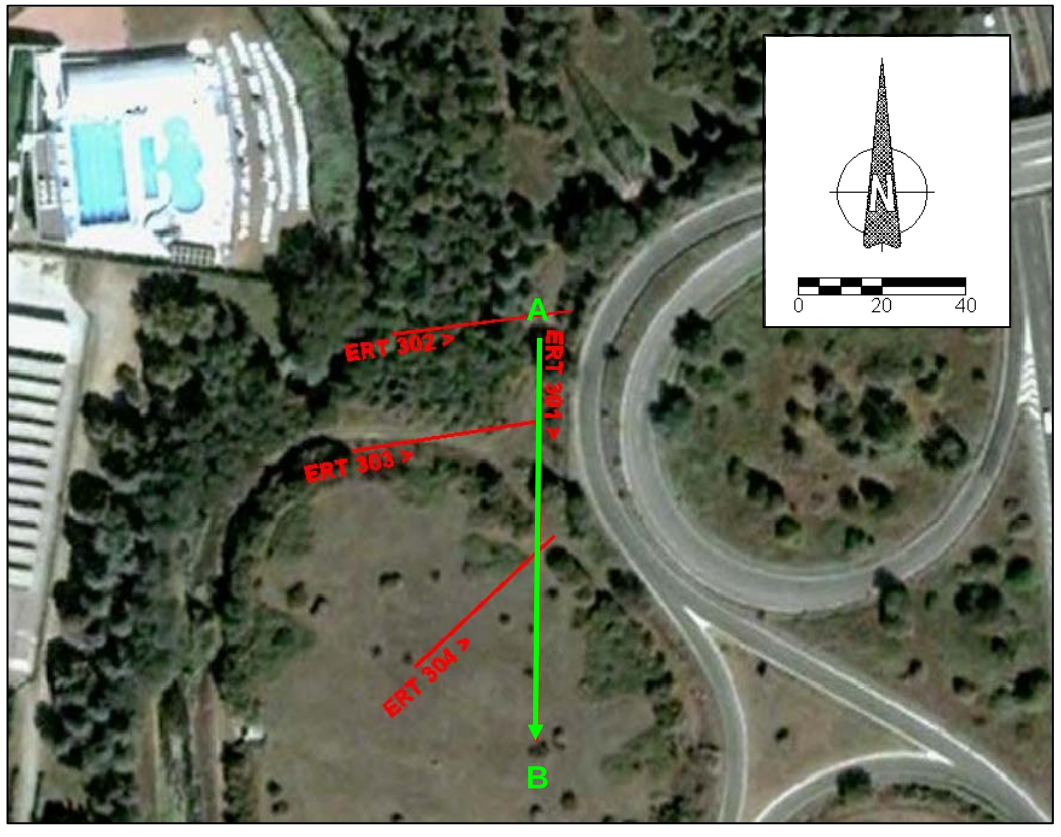


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**22**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 301: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





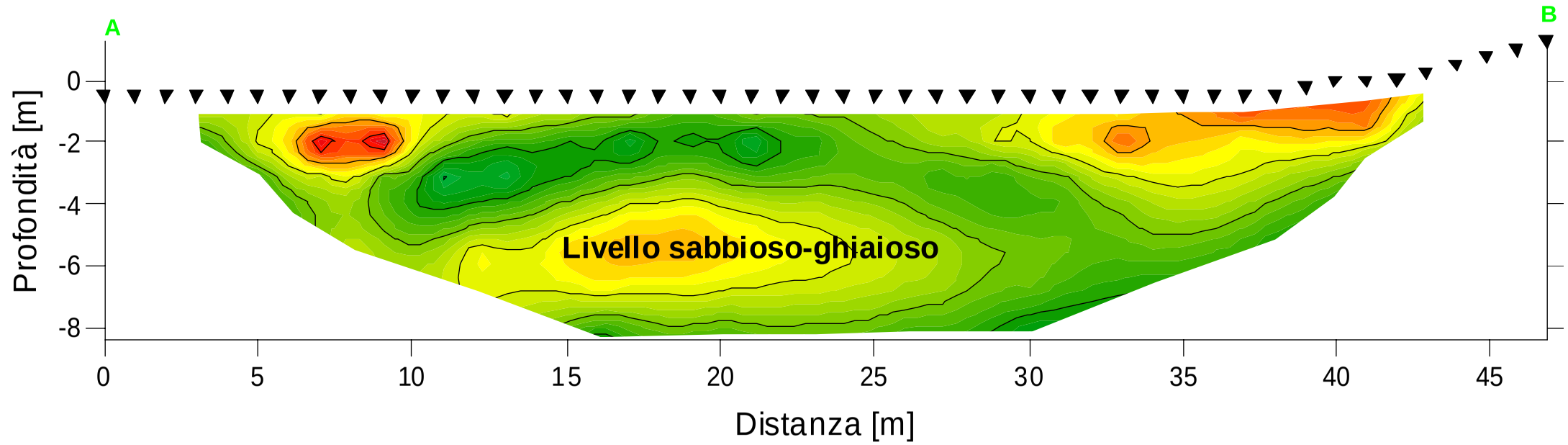
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

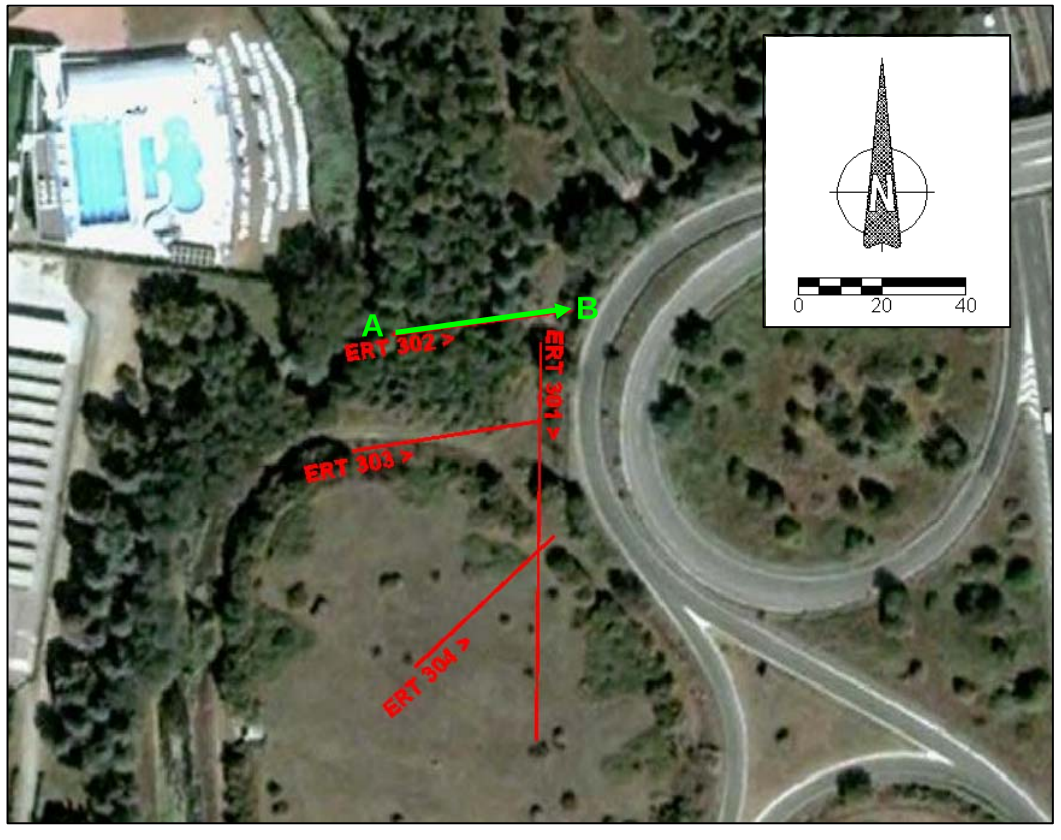
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
10000	4
	3.5
1000	3
	2.5
100	2
	1.5
10	1

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**23**

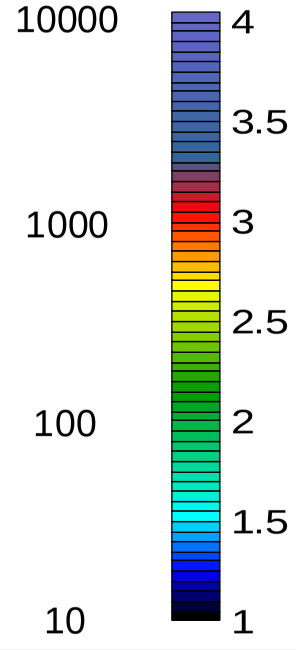
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 302: Modello tomografico di resistività elettrica





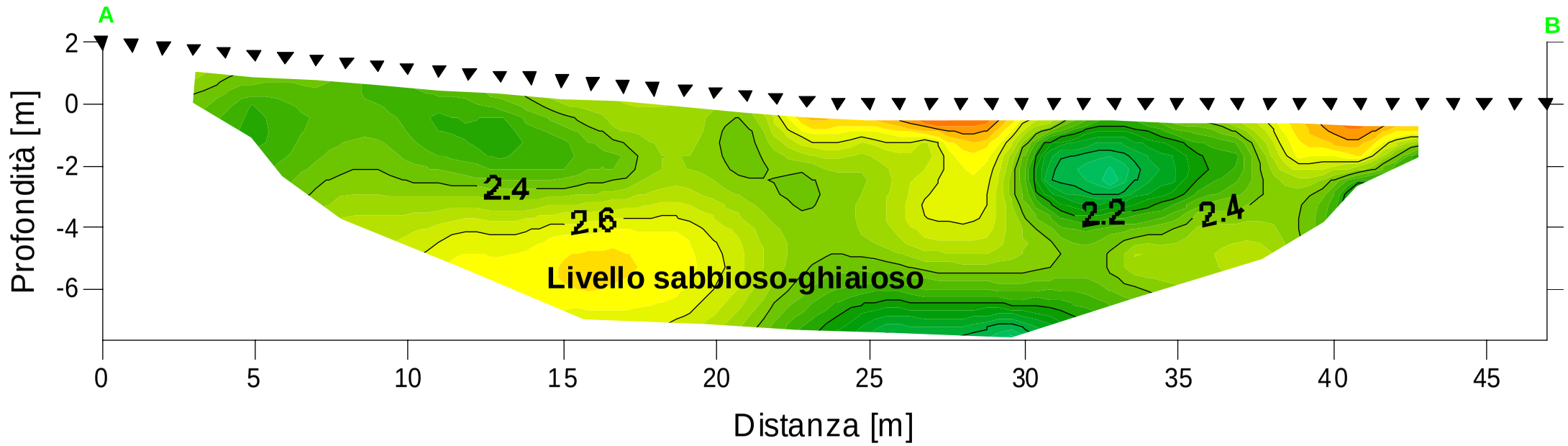
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

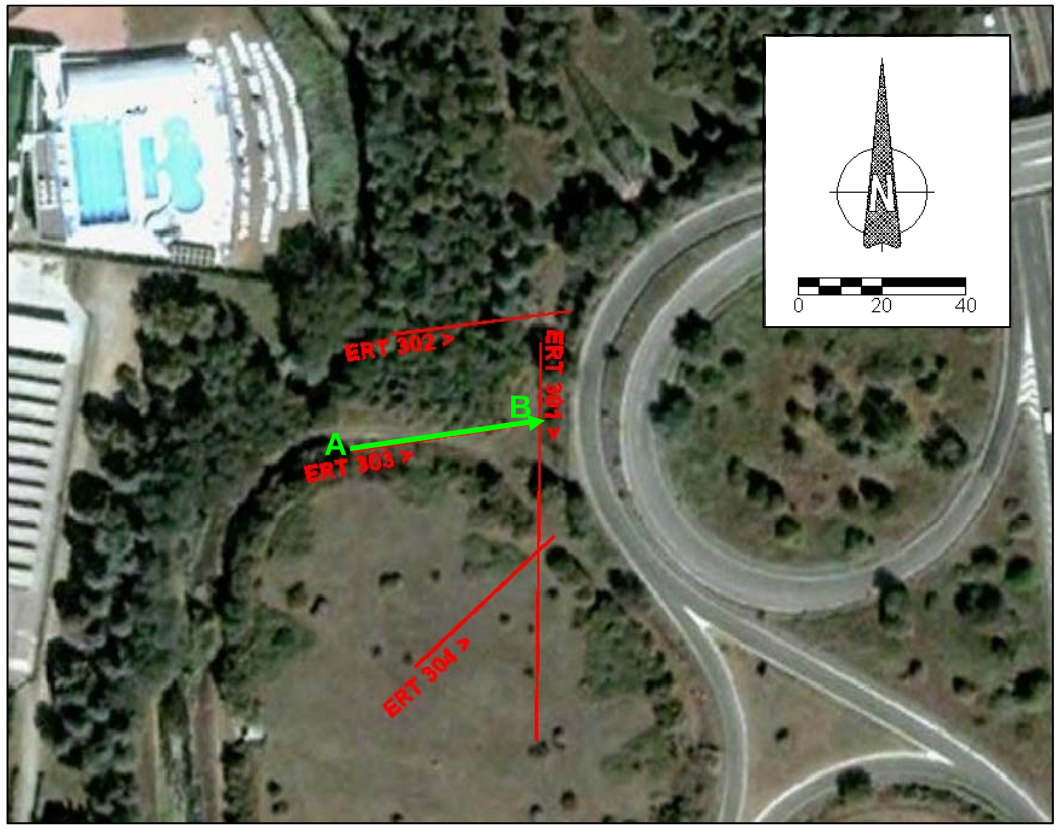


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**24**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 303: Modello tomografico di resistività elettrica





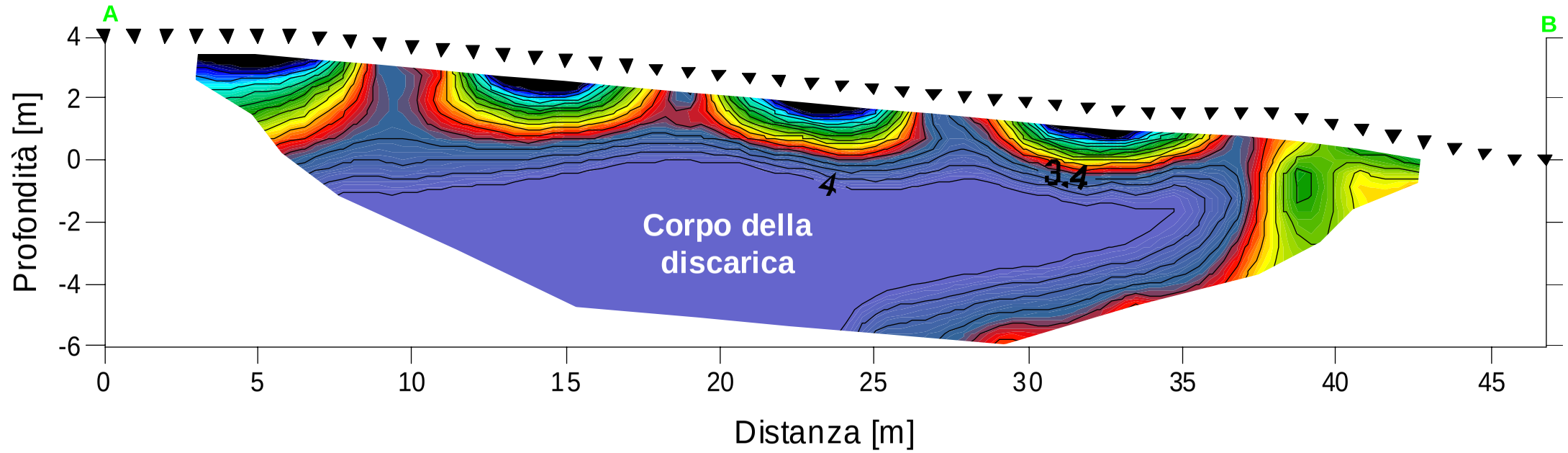
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

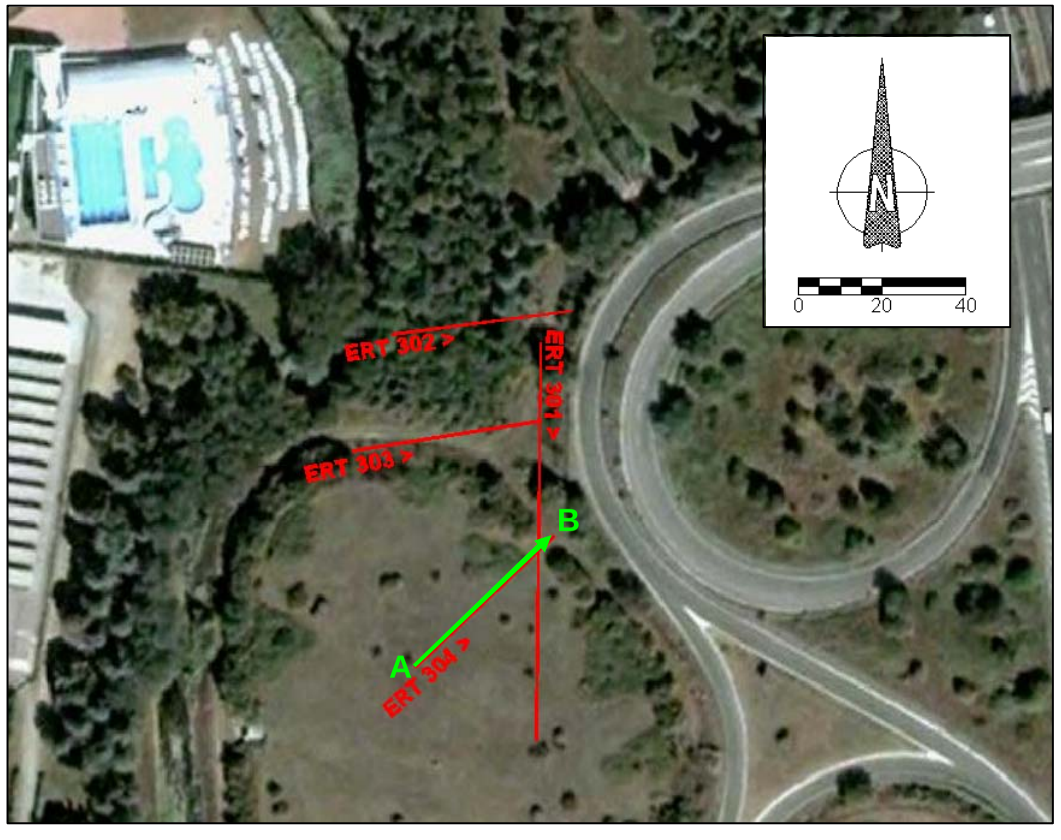
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
10000	4
	3.5
1000	3
	2.5
100	2
	1.5
10	1

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**25**

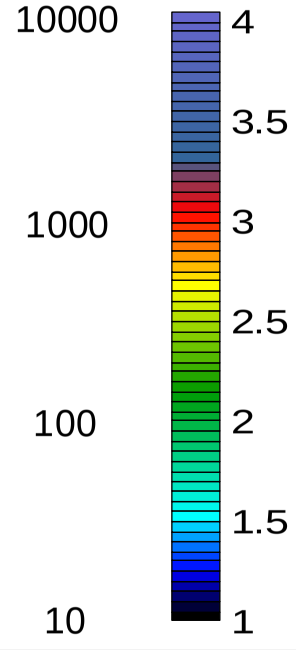
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 304: Modello tomografico di resistività elettrica





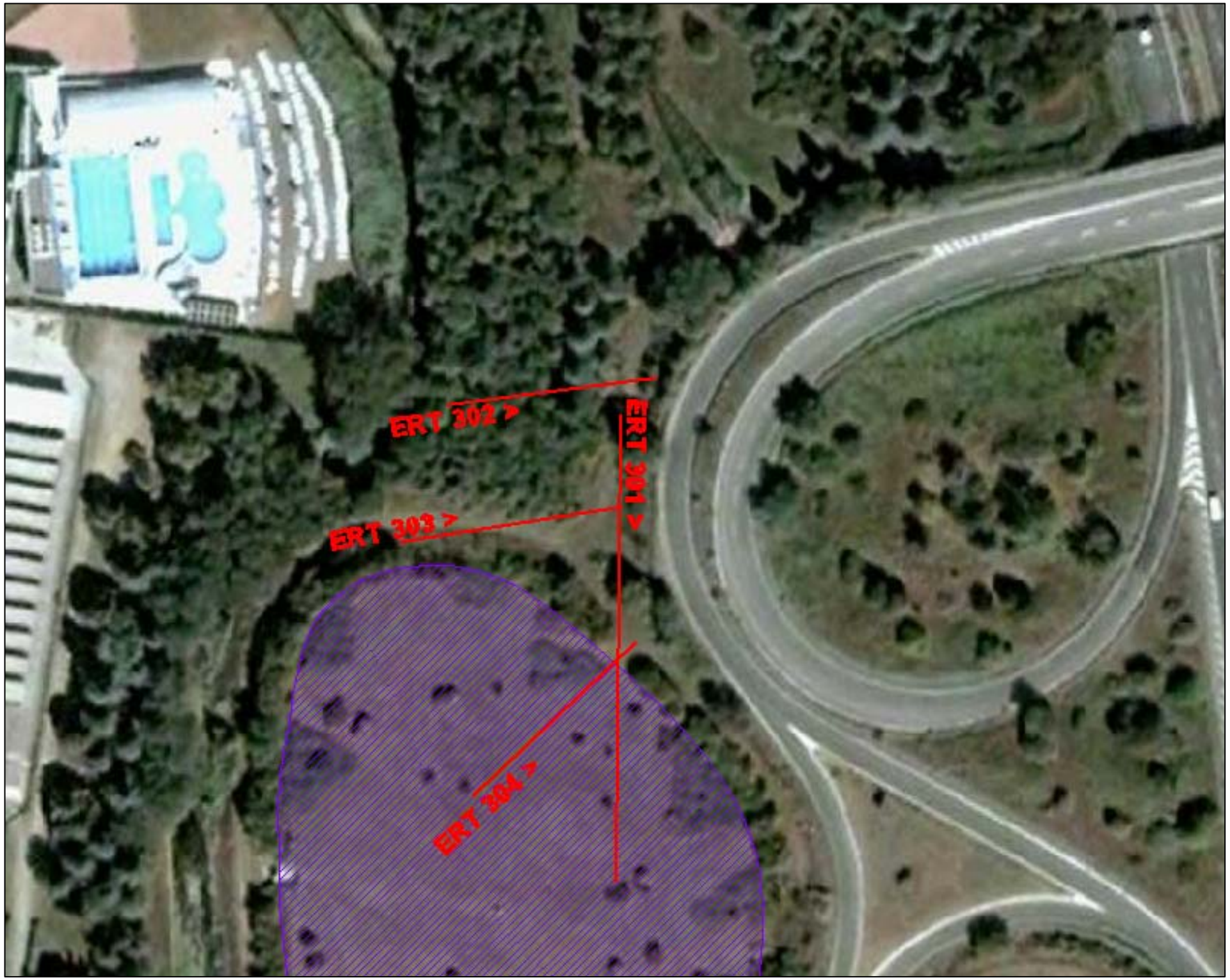
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

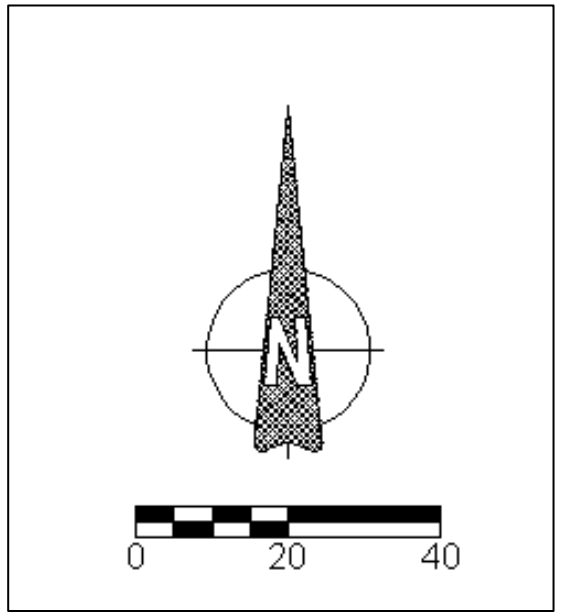


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**26**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate





Legenda

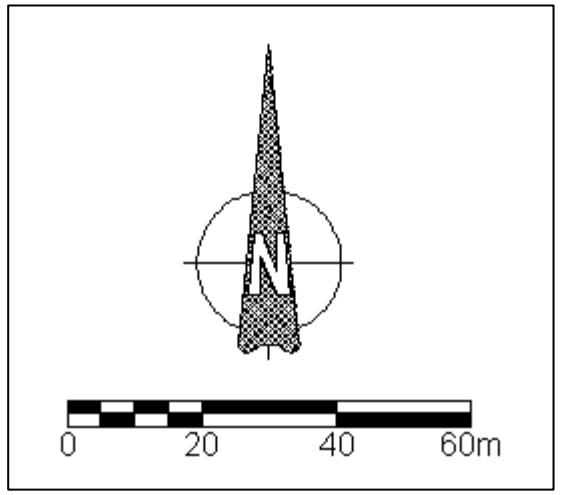
Sezioni ERT

Corpo della discarica di rifiuti tossico-nocivi

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	27

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

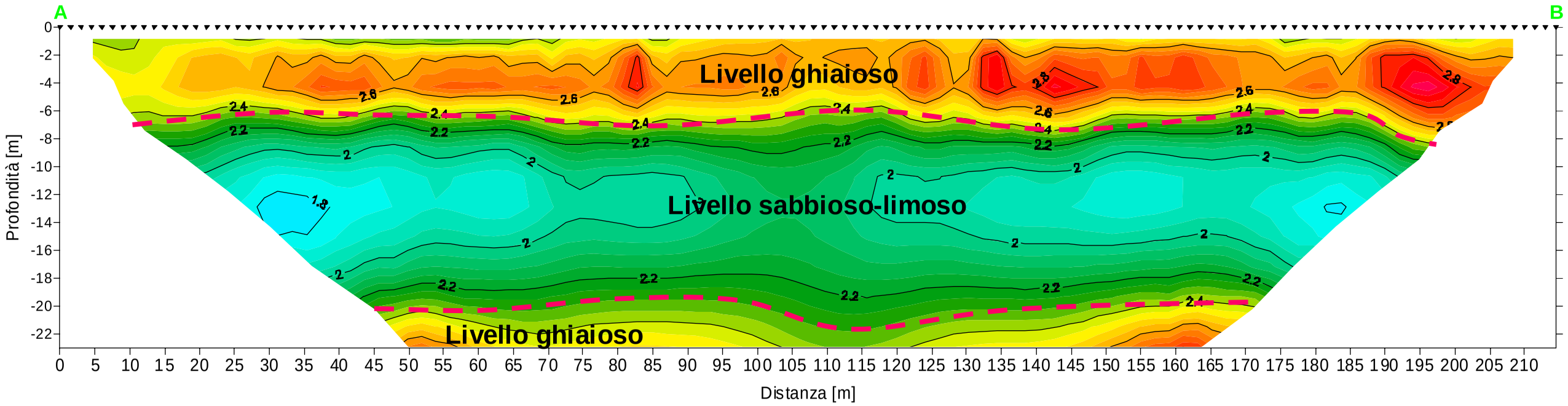
Ulbicazione indagini geoelettriche

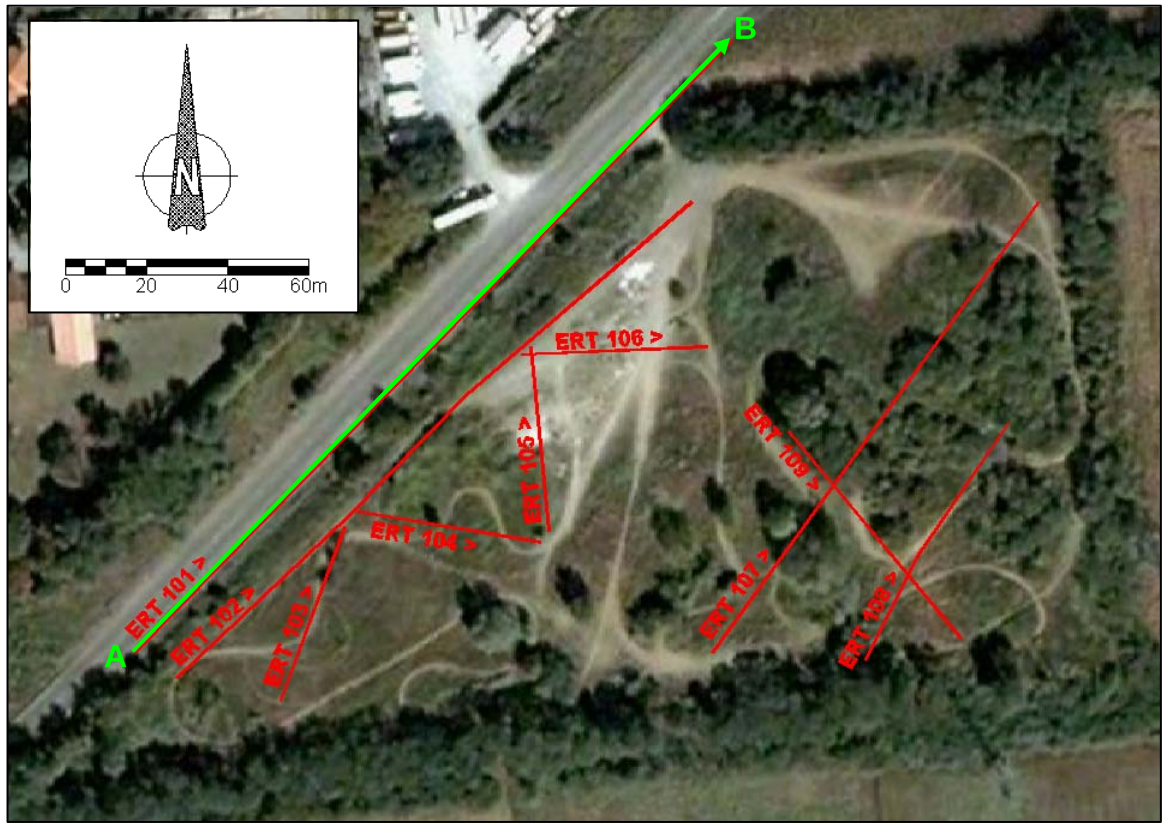


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	1

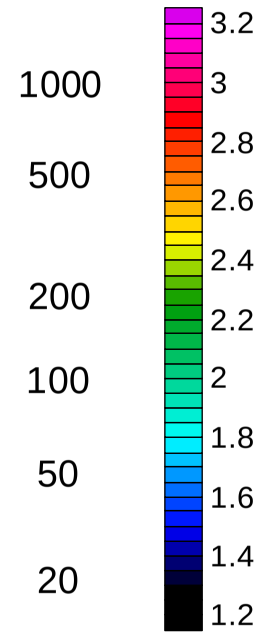
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 101: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





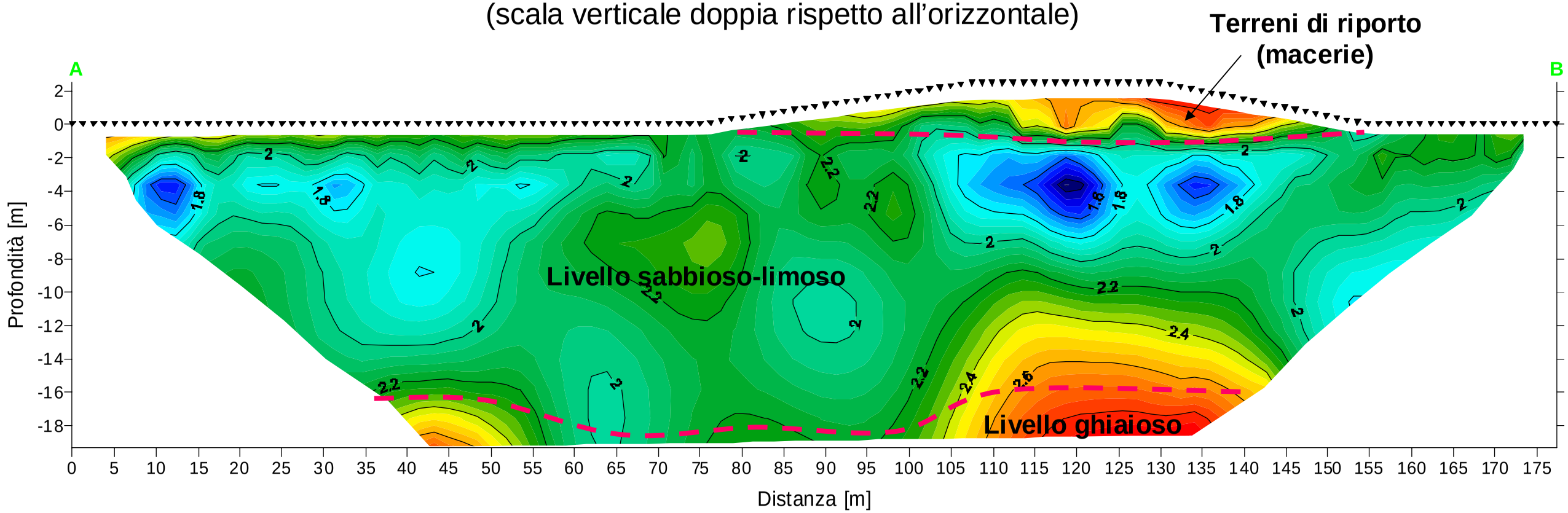
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

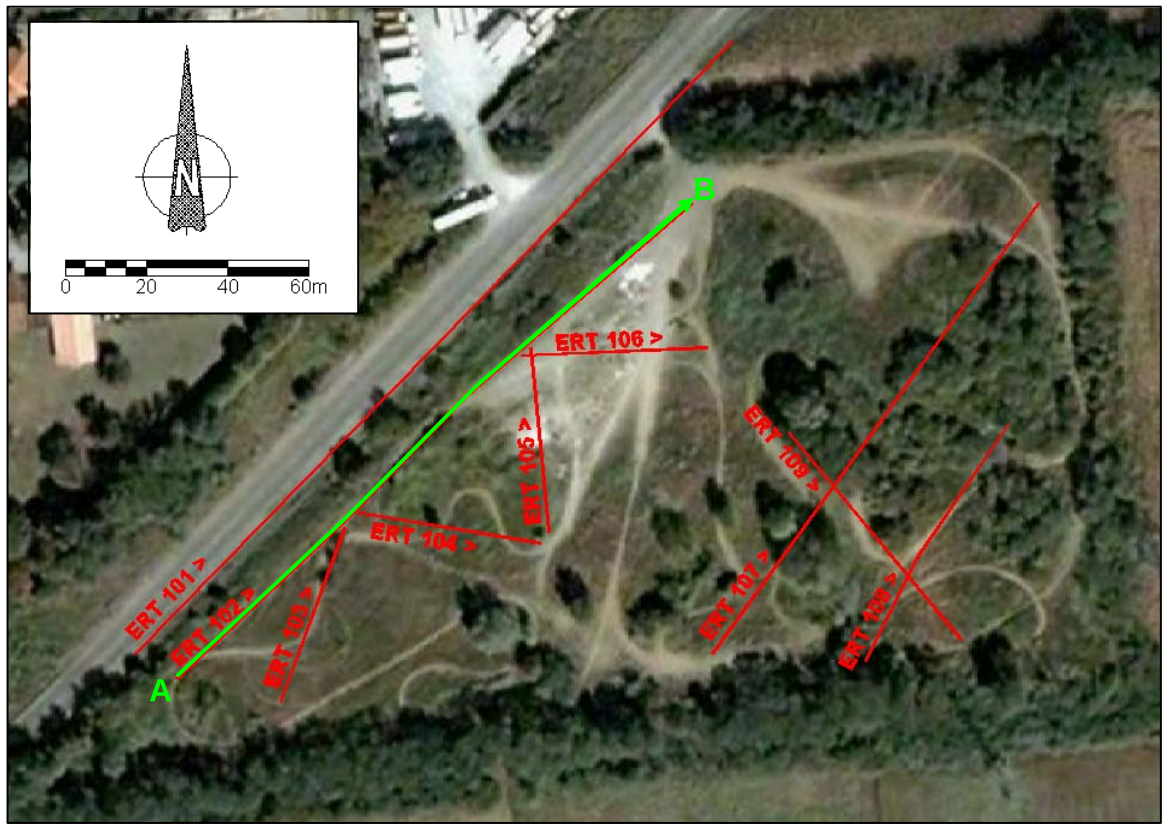


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	2

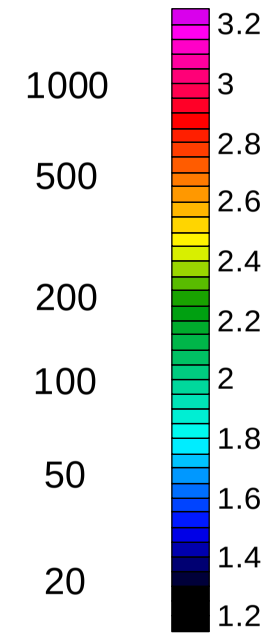
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 102: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





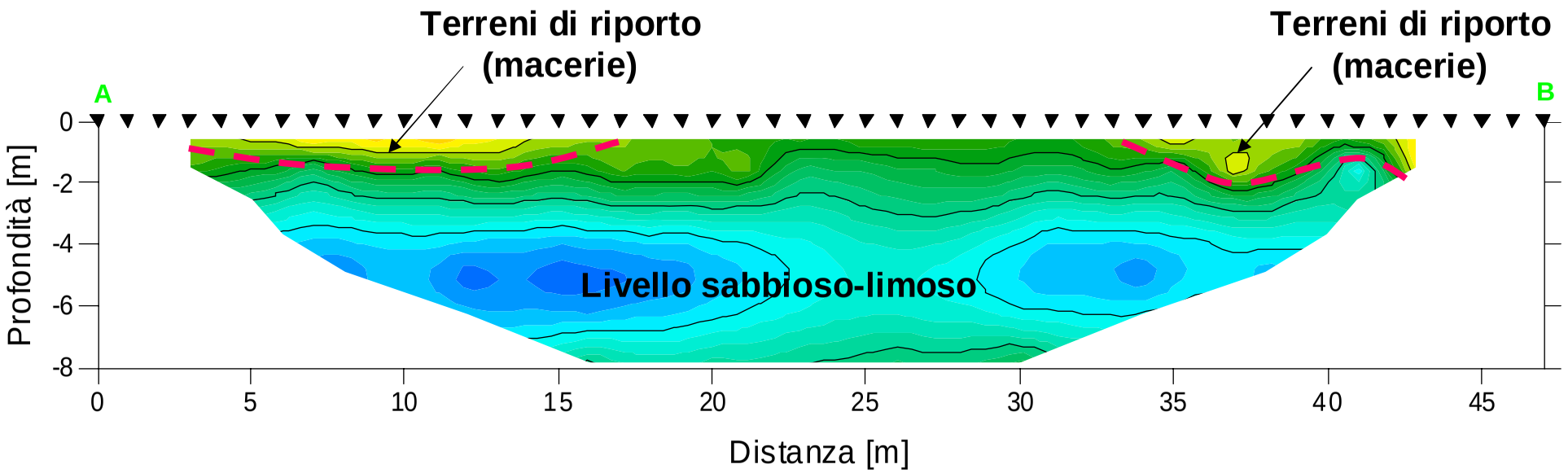
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

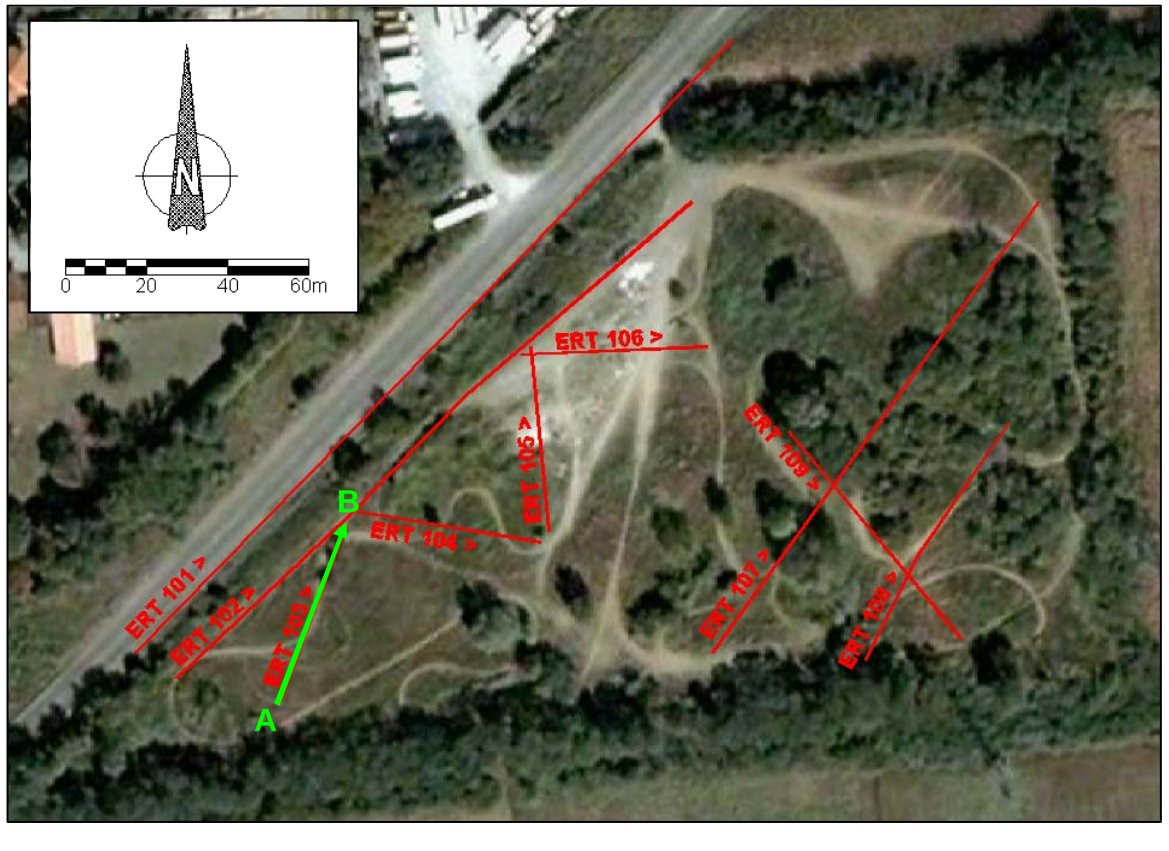


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	3

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 103: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

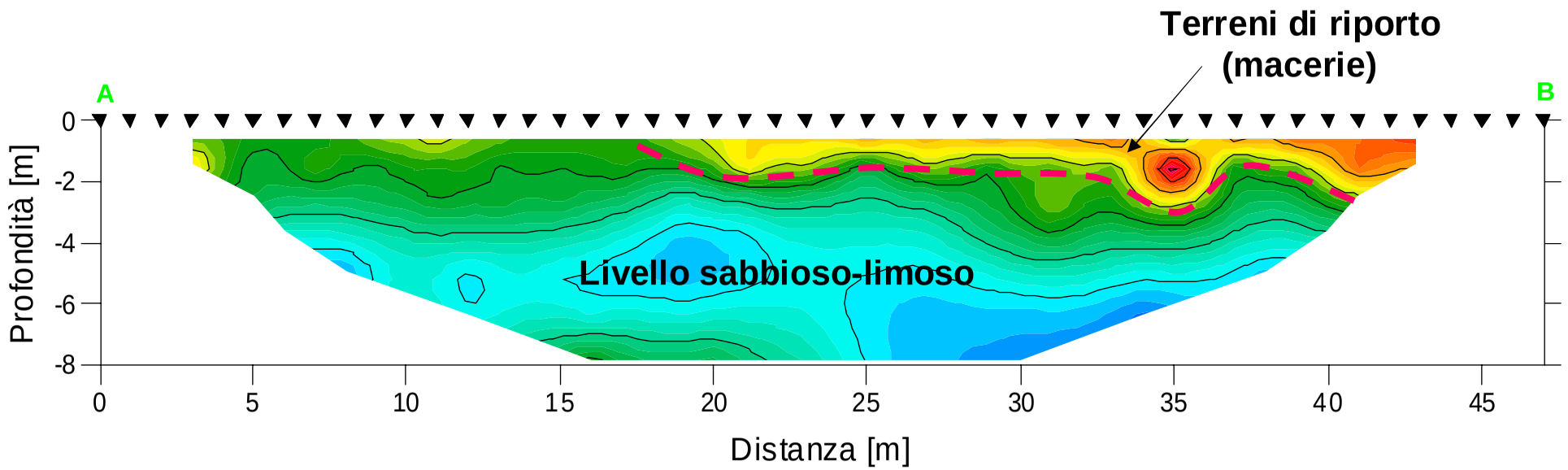
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

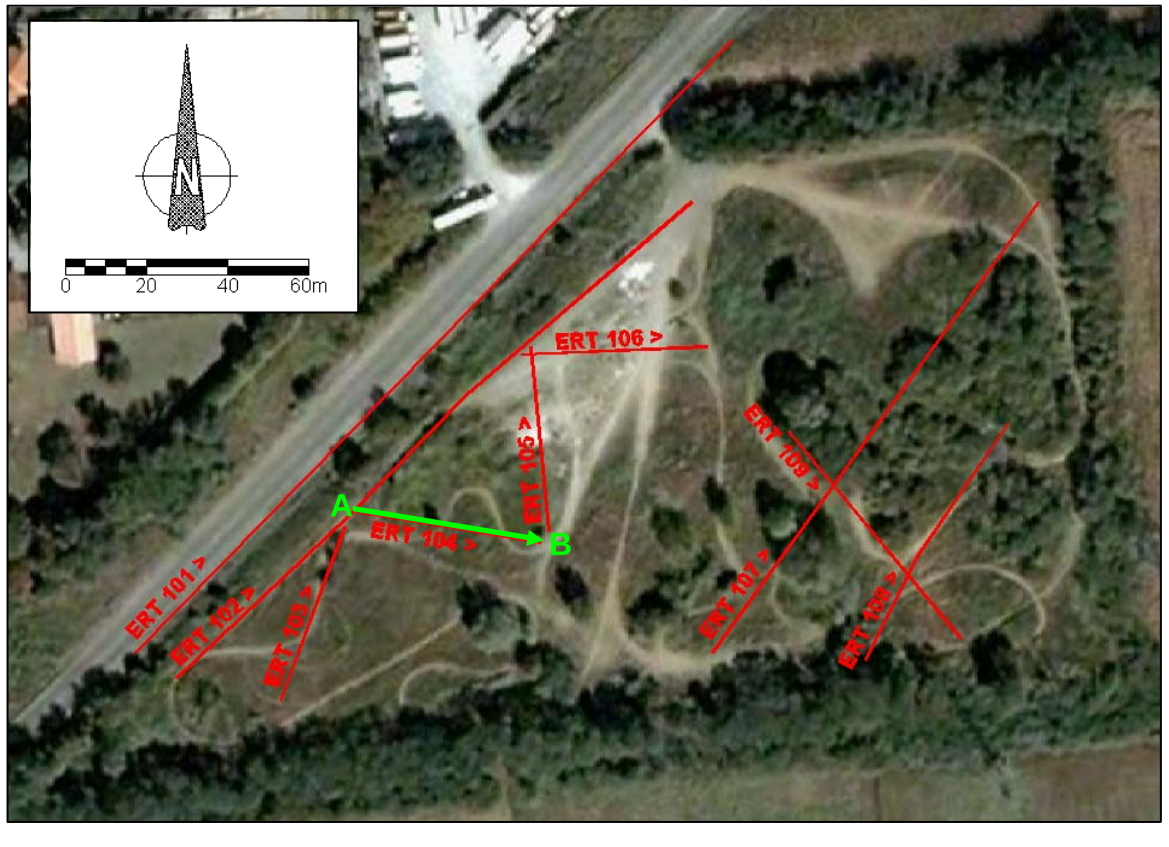
ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**4**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 104: Modello tomografico di resistività elettrica





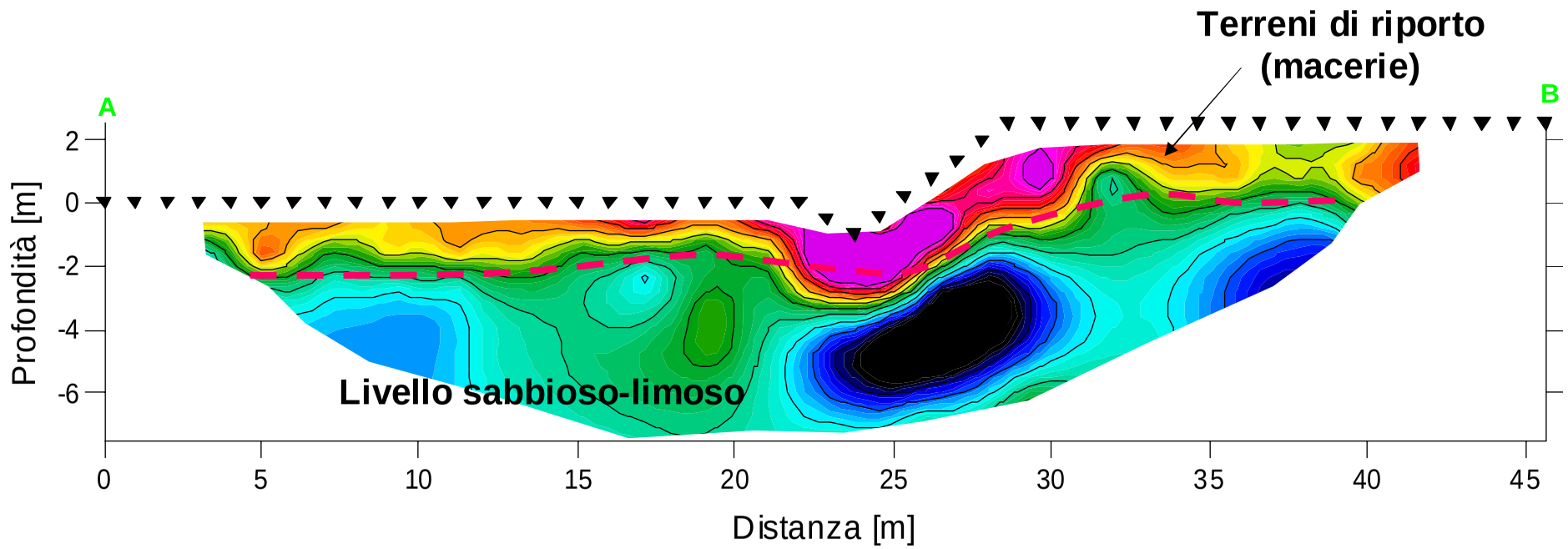
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

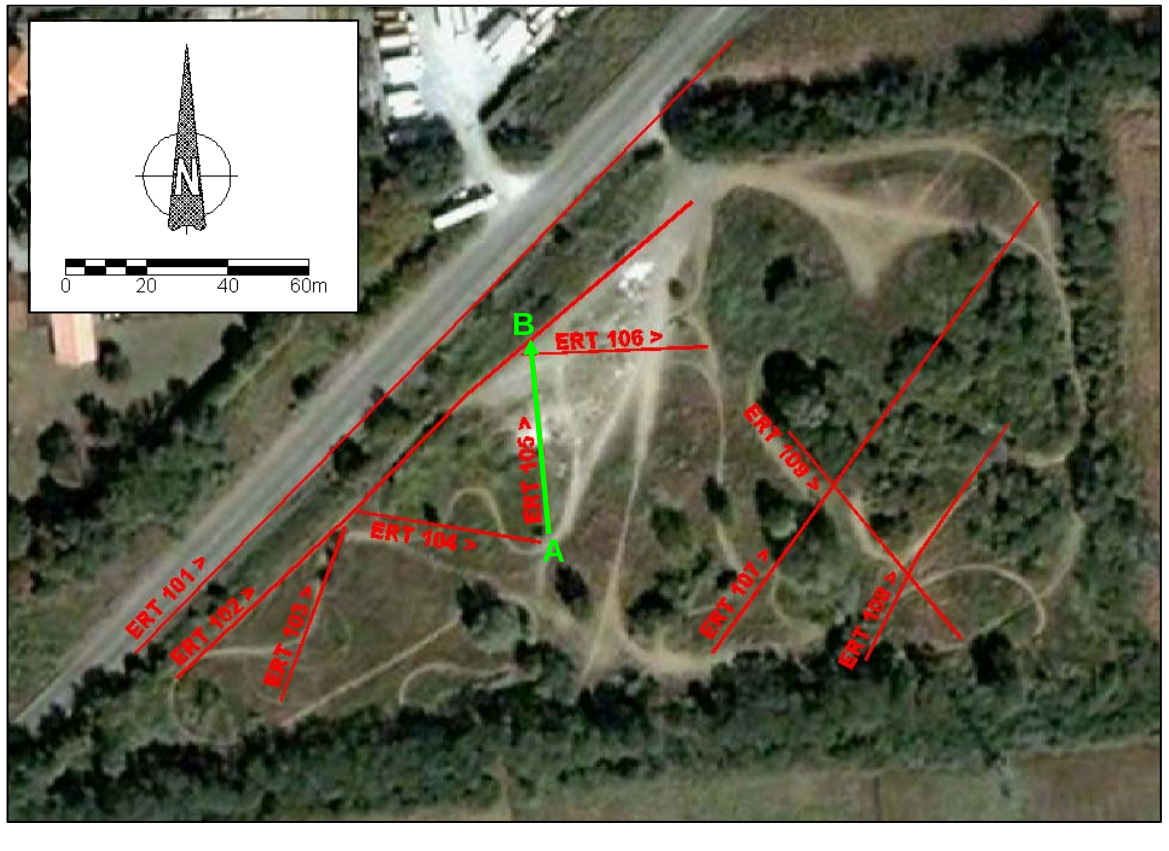
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	5

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 105: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

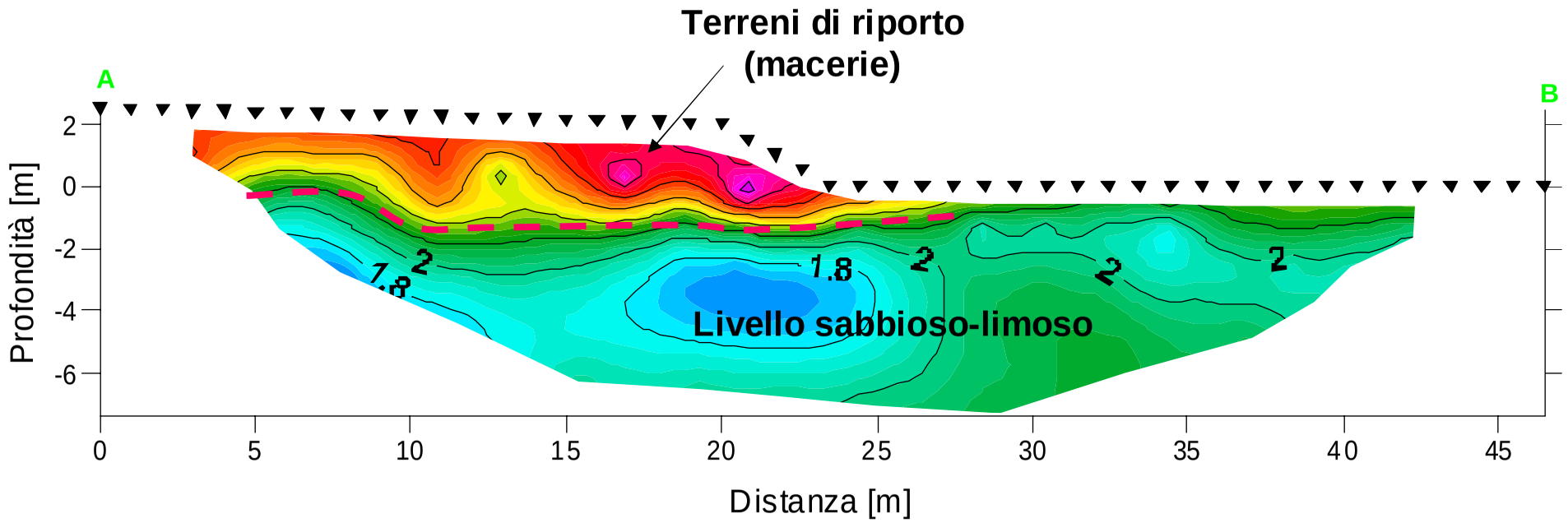
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

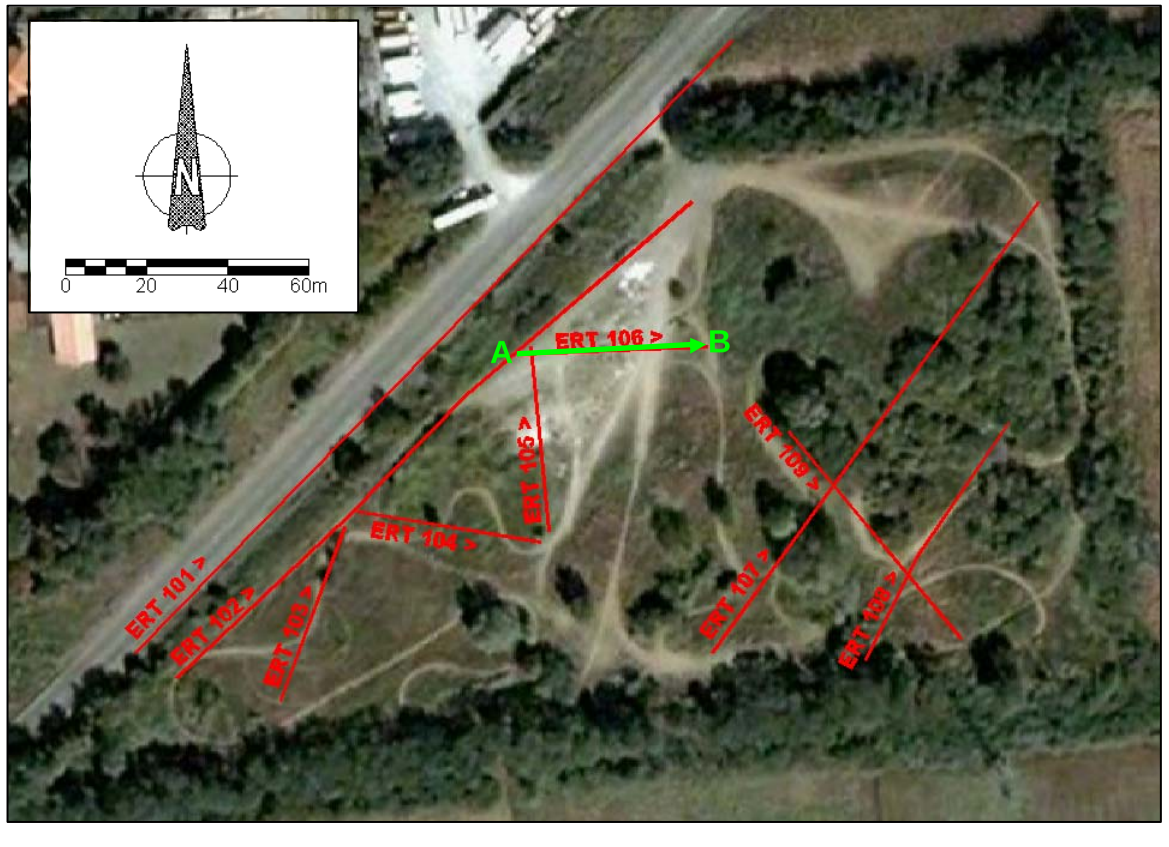
ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**6**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 106: Modello tomografico di resistività elettrica





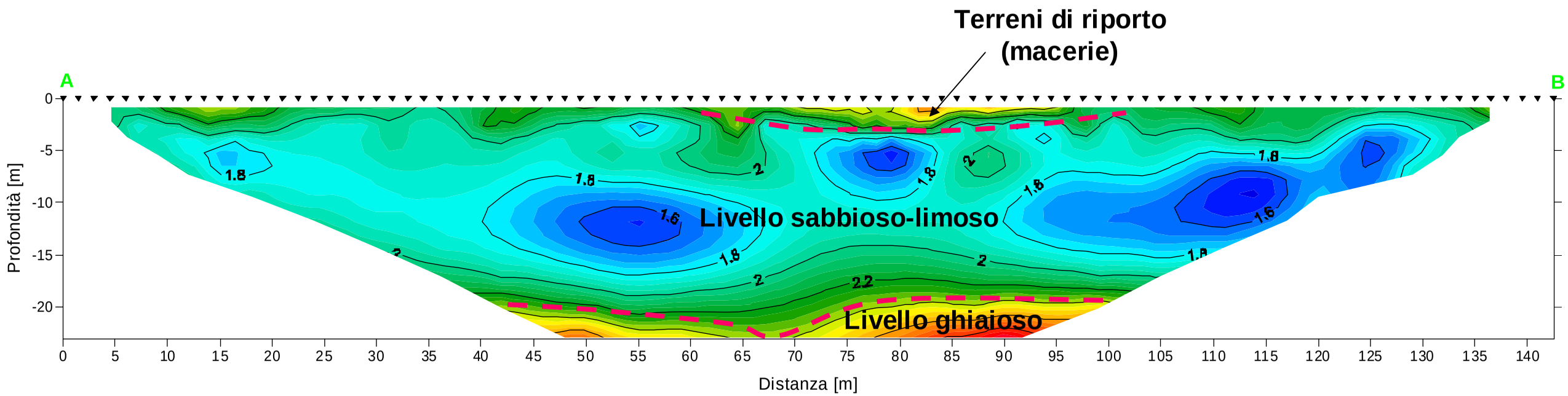
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

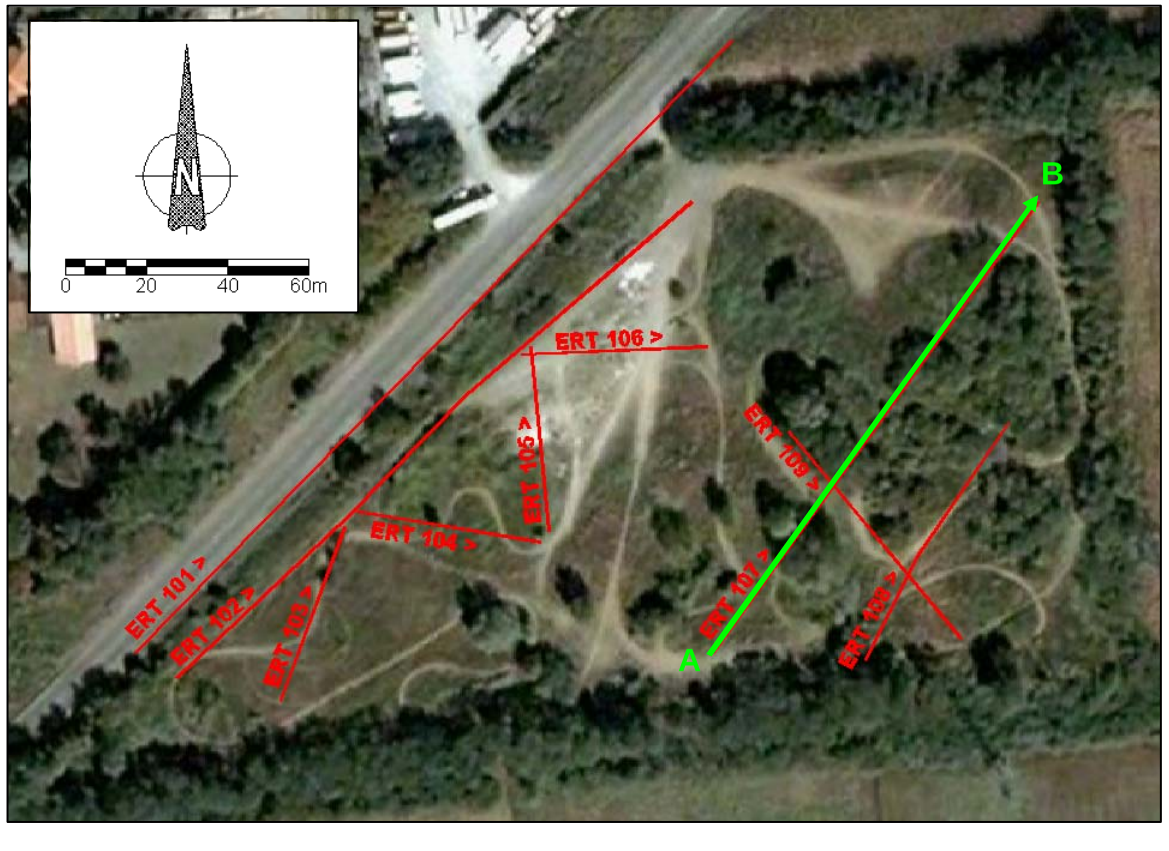
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
500	3
200	2.8
100	2.6
50	2.4
20	2.2
	2
	1.8
	1.6
	1.4
	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	7

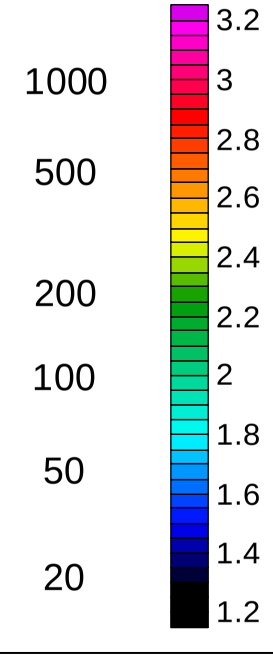
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 107: Modello tomografico di resistività elettrica





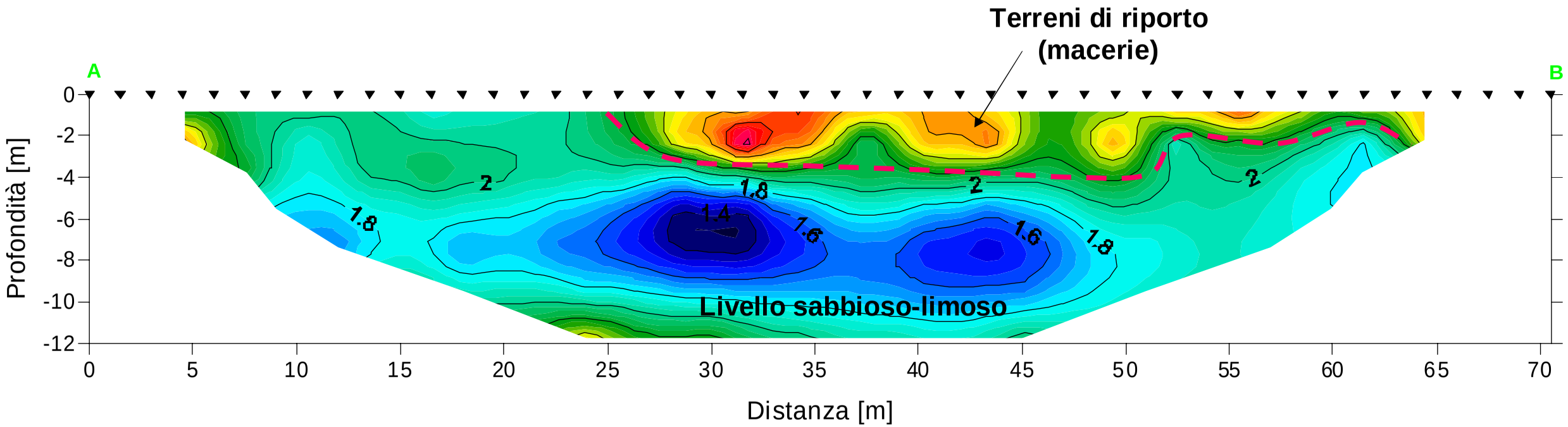
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

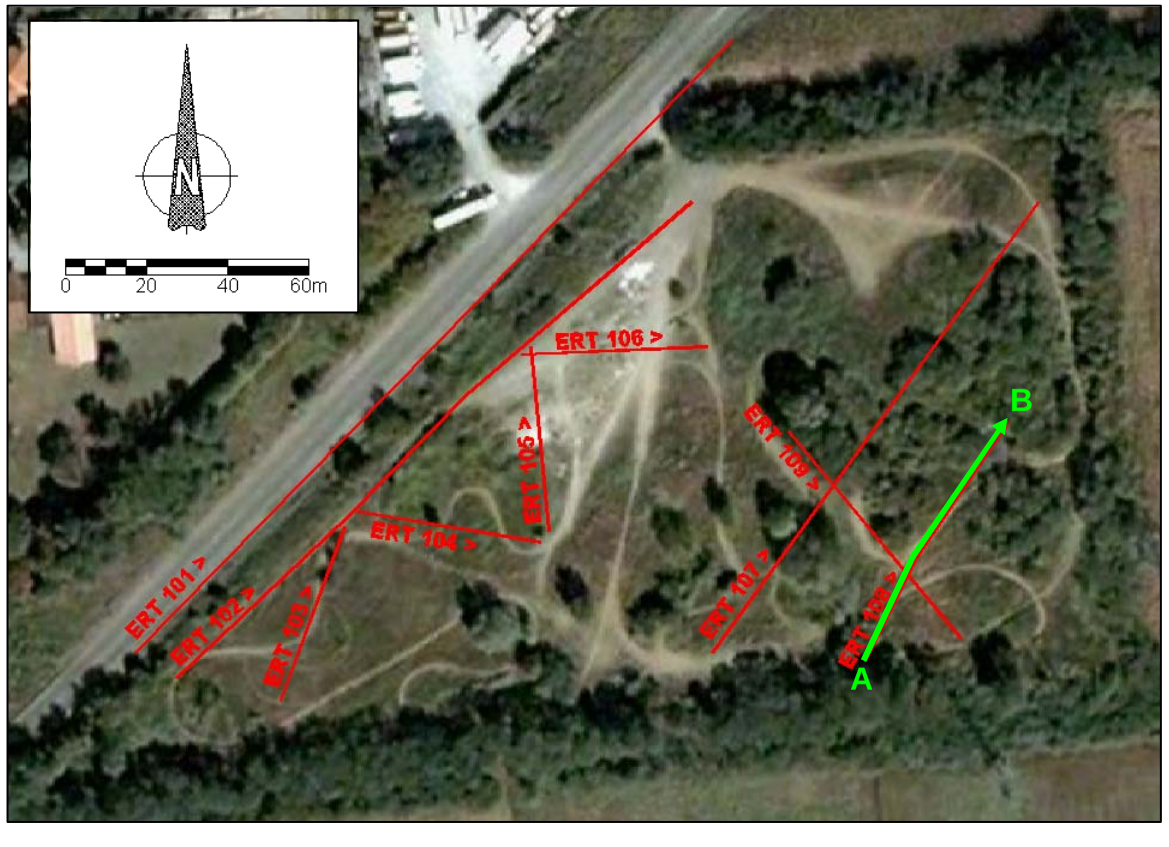


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	8

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 108: Modello tomografico di resistività elettrica





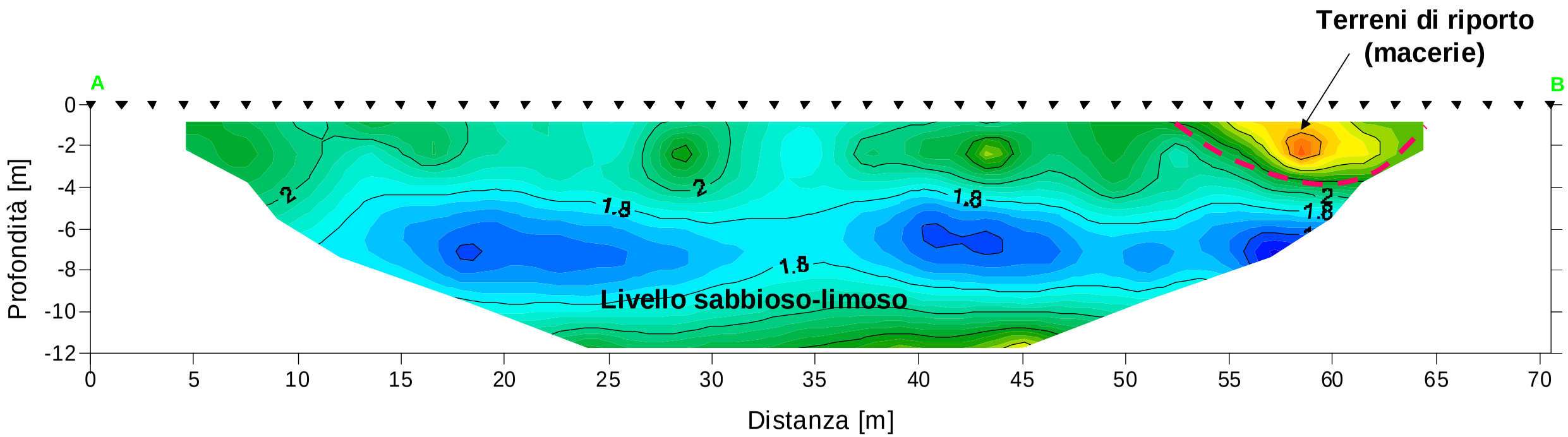
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

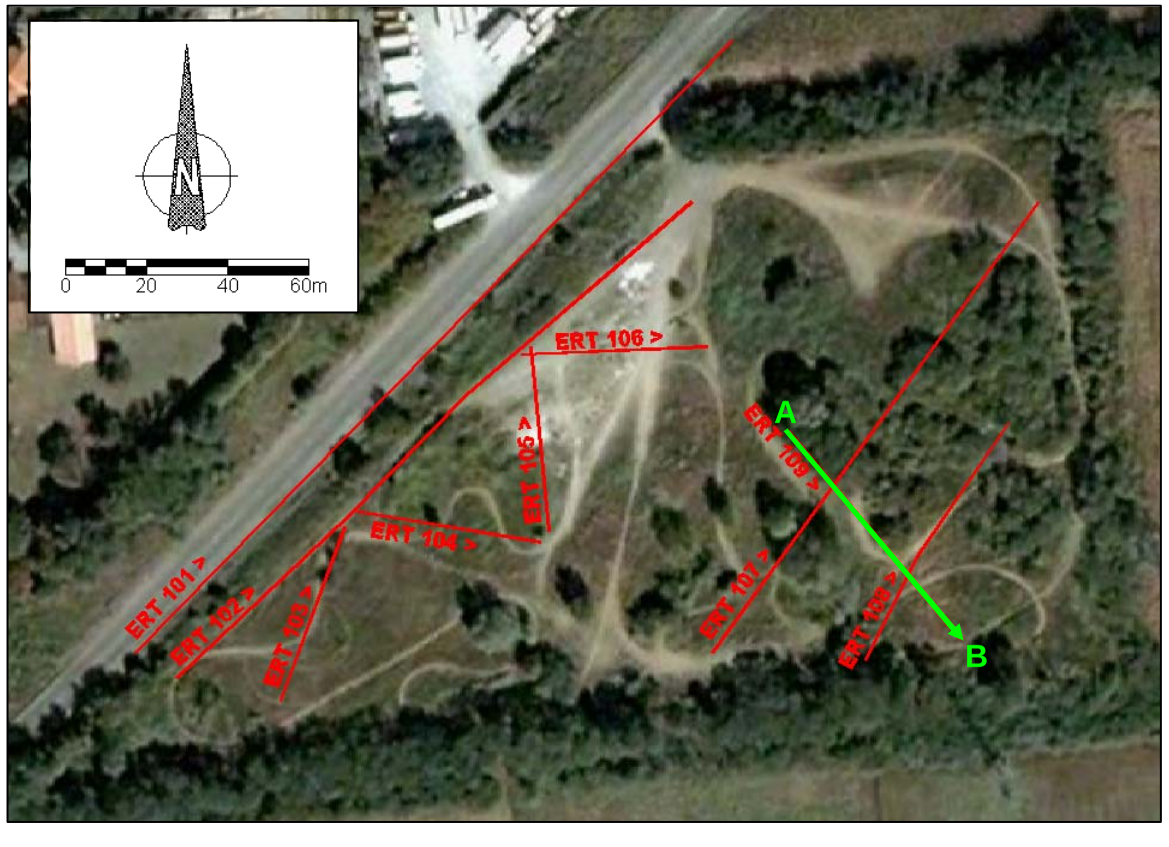
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
500	3
200	2.8
100	2.6
50	2.4
20	2.2
	2
	1.8
	1.6
	1.4
	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	9

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Linea ERT 109: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale

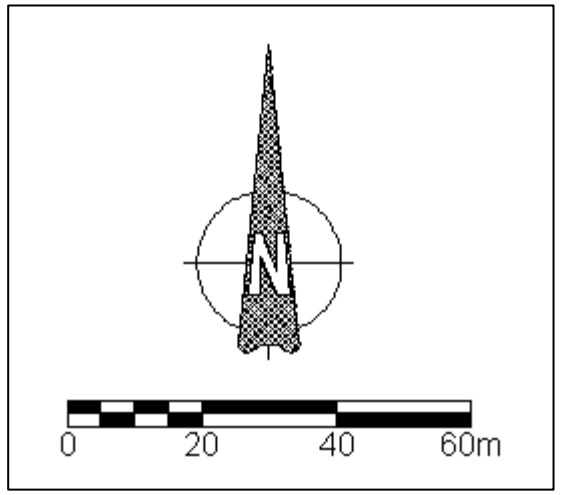
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
	3
500	2.8
	2.6
200	2.4
	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE
RCT srl - VIGER LAB srl

Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**10**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Ex Cava Girardi, Cesano Maderno (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate



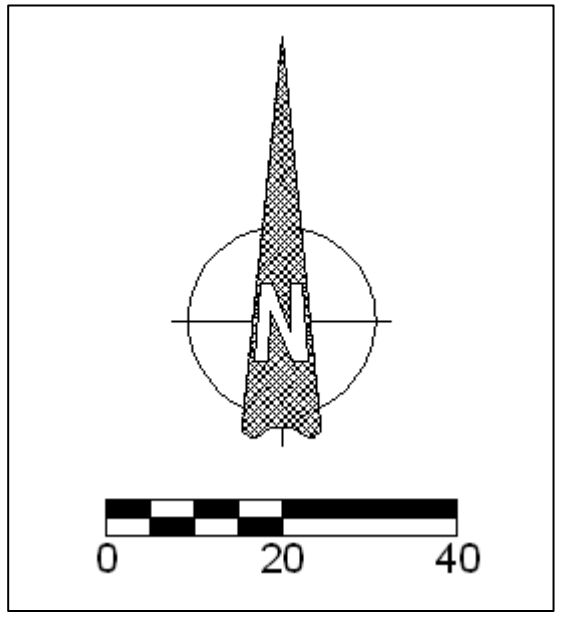
Legenda

- Sezioni ERT
- Anomalie resistive: probabili macerie interrate

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Cesano Maderno (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	11

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

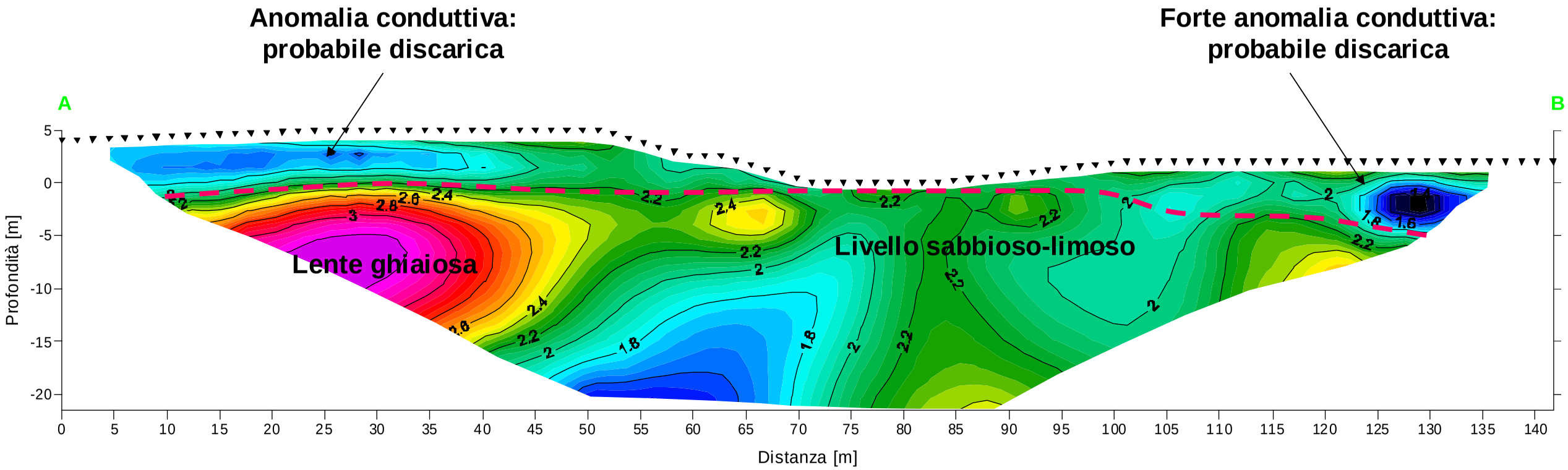
Ulbicazione indagini geoelettriche

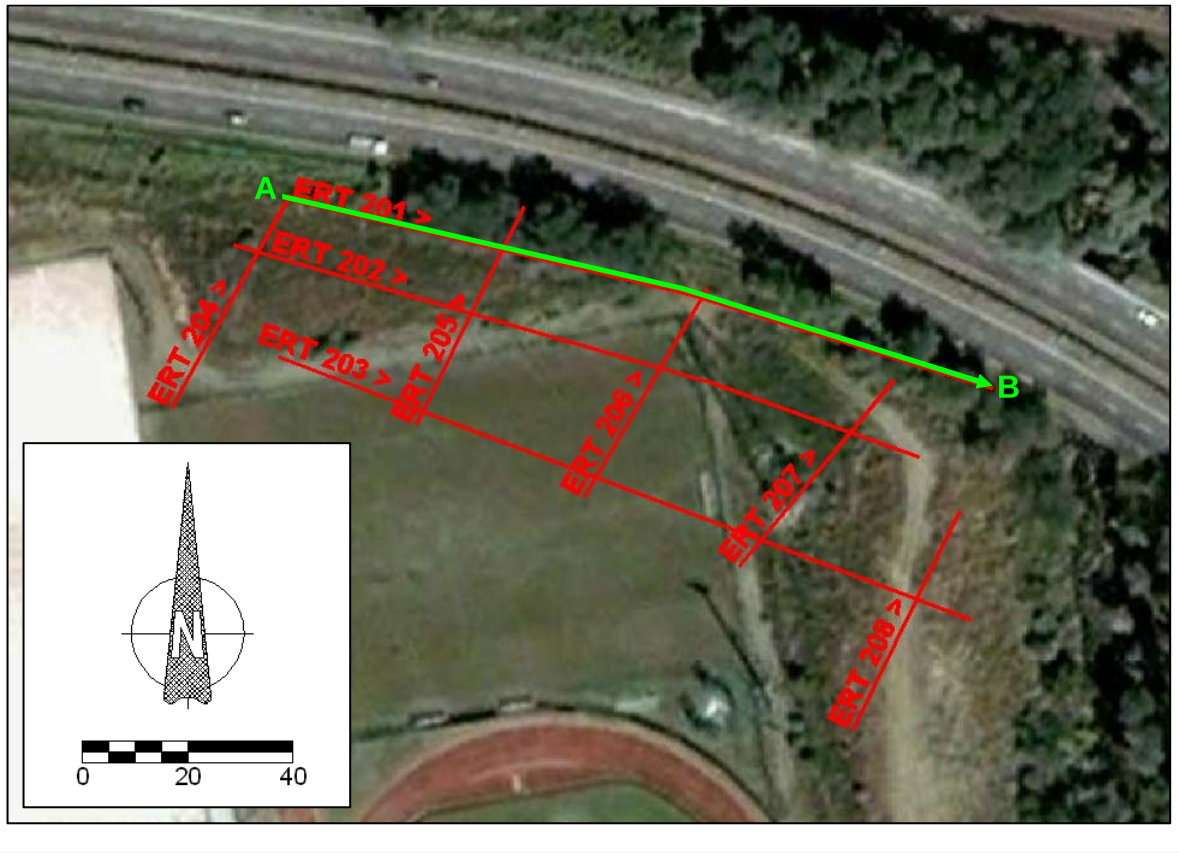


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**12**

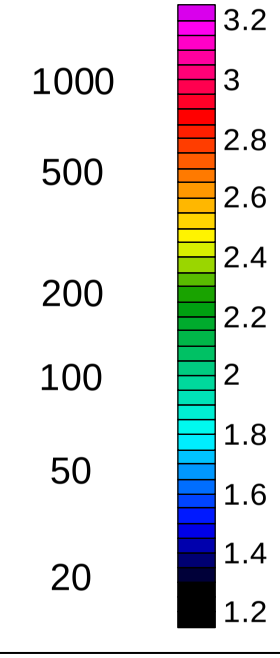
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 201: Modello tomografico di resistività elettrica





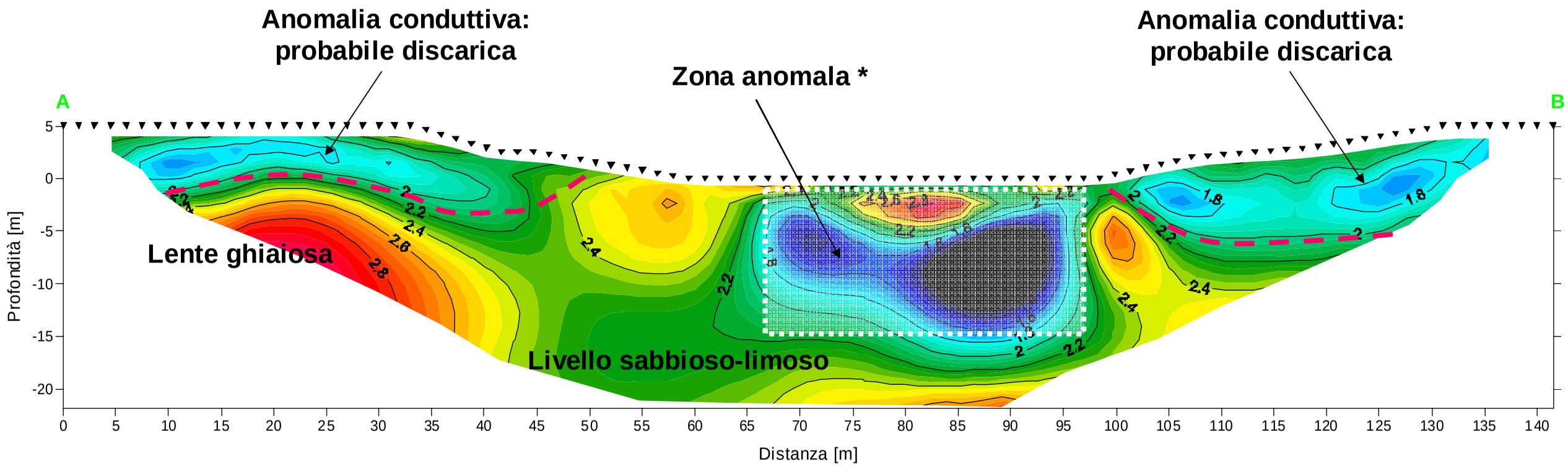
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

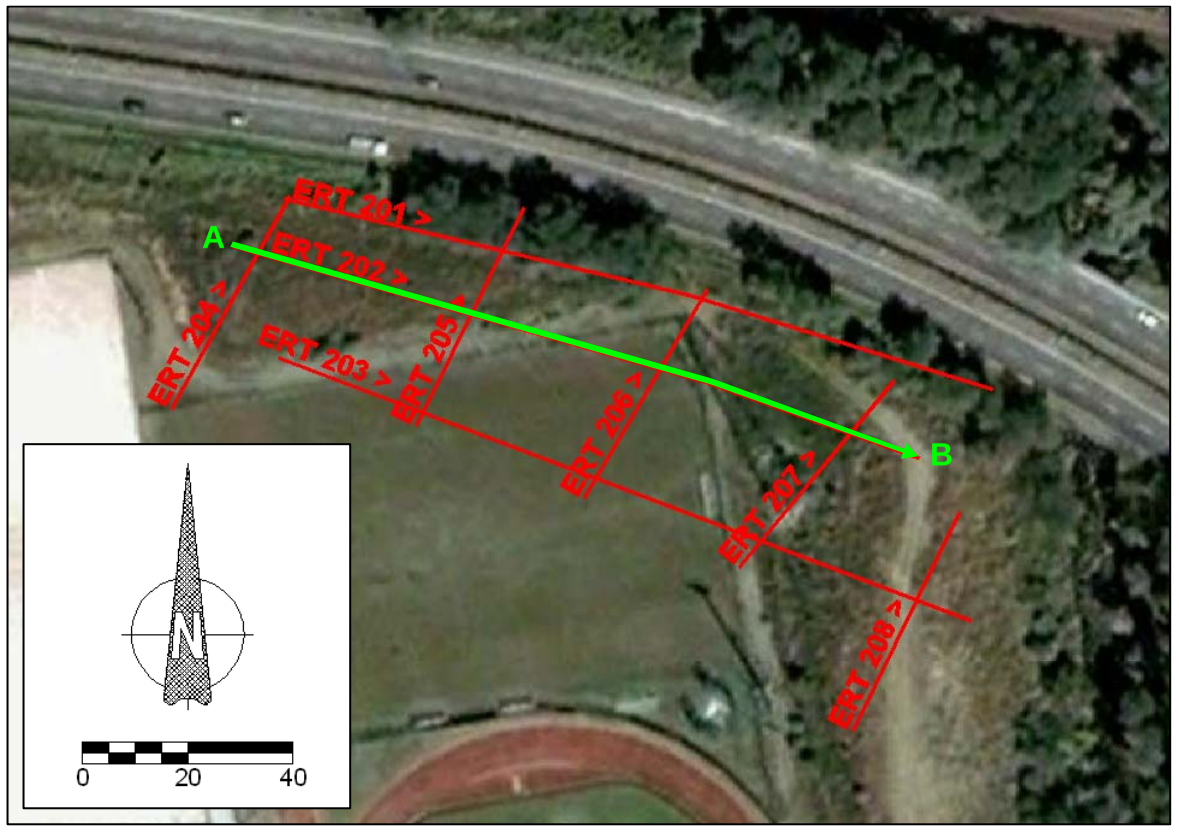


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**13**

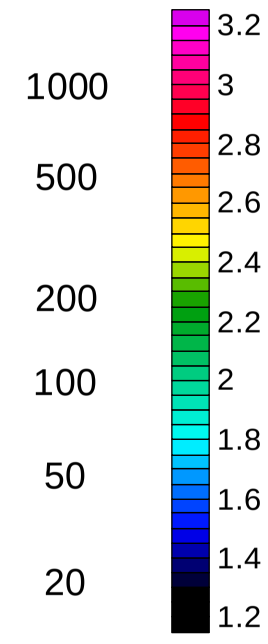
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 202: Modello tomografico di resistività elettrica





Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

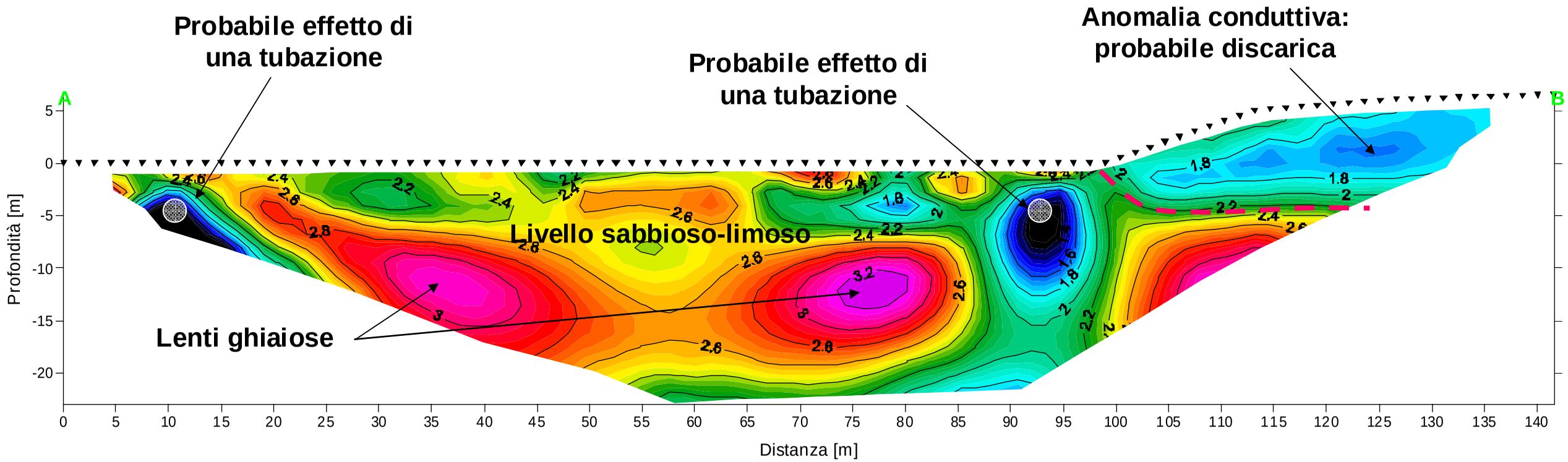


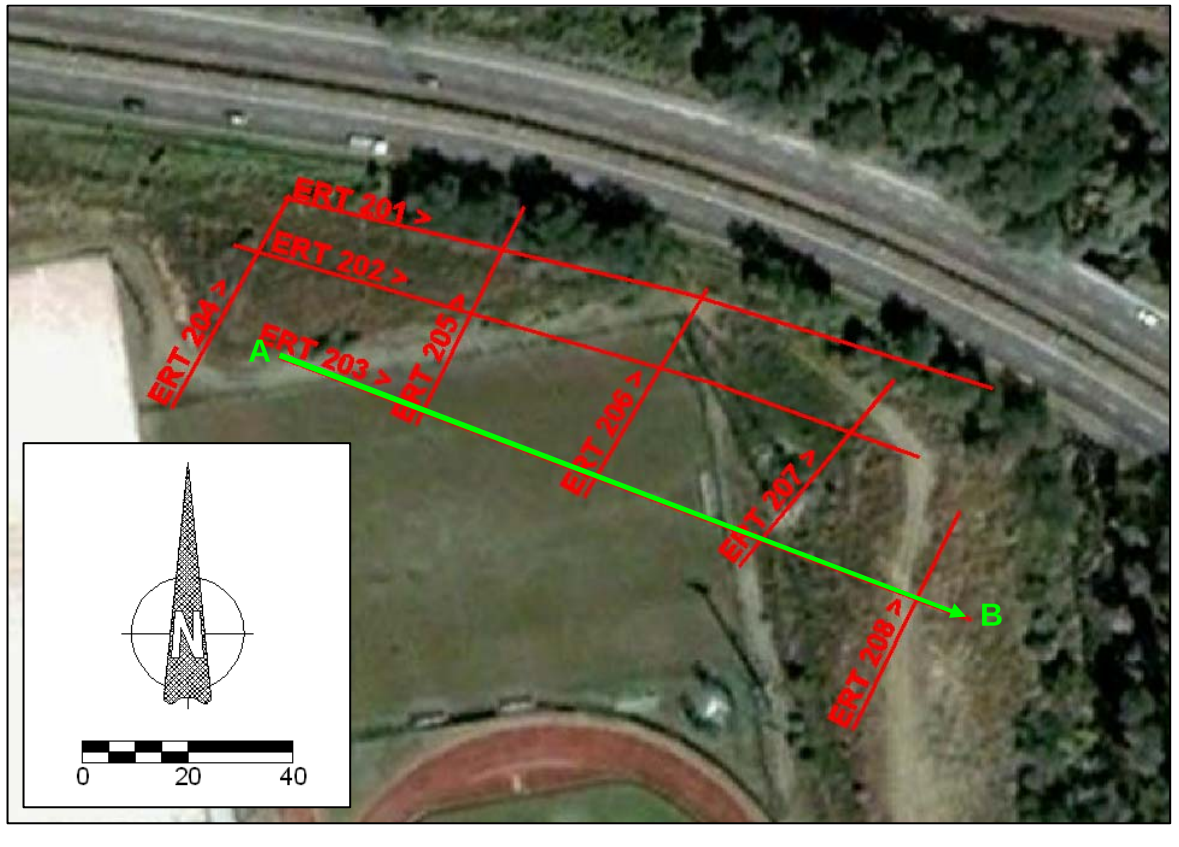
***** Tale zona presenta valori di resistività elettrica non conformi alla situazione circostante: il disturbo è probabilmente dovuto alla presenza della recinzione perimetrale del campo da calcio (con relativa fondazione in cemento armato) e di una tunazione ad essa parallela.

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**14**

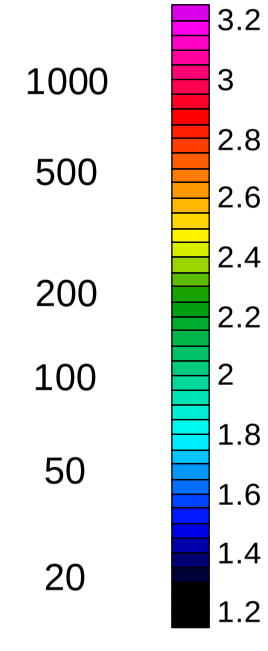
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 203: Modello tomografico di resistività elettrica





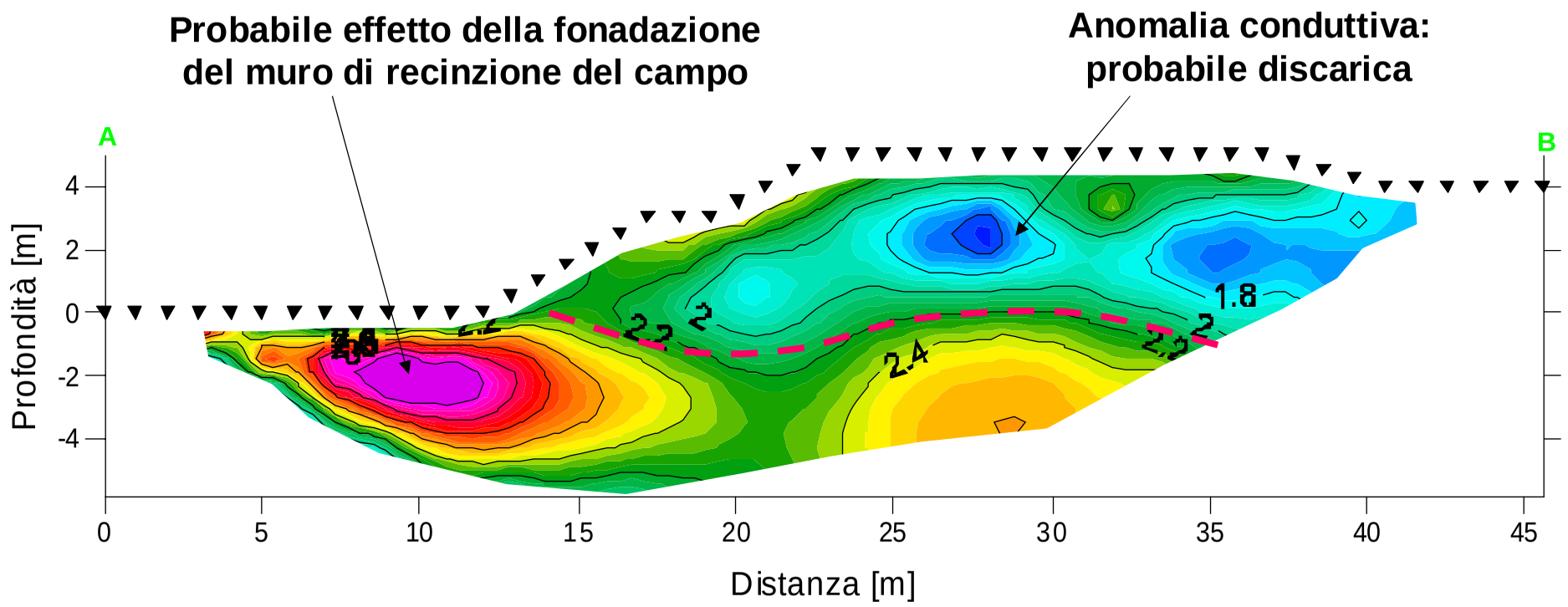
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

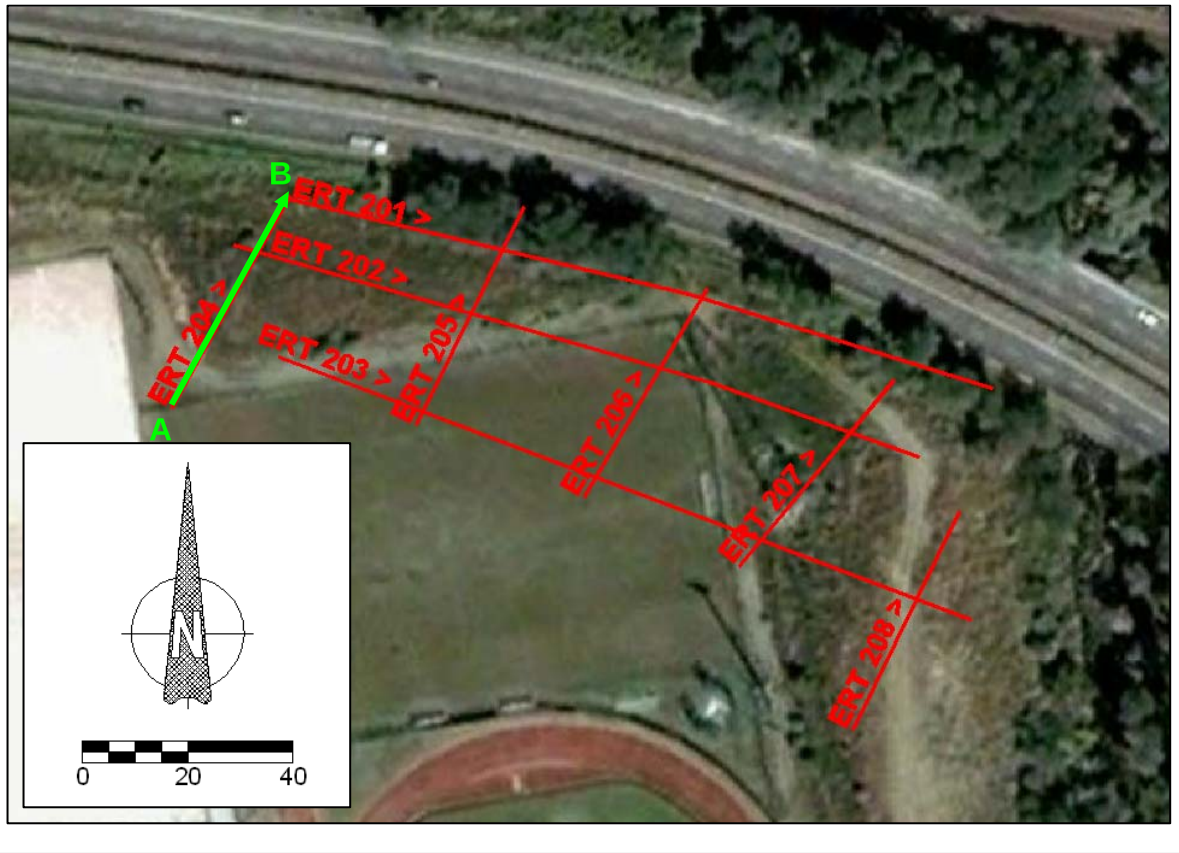


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**15**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 204: Modello tomografico di resistività elettrica





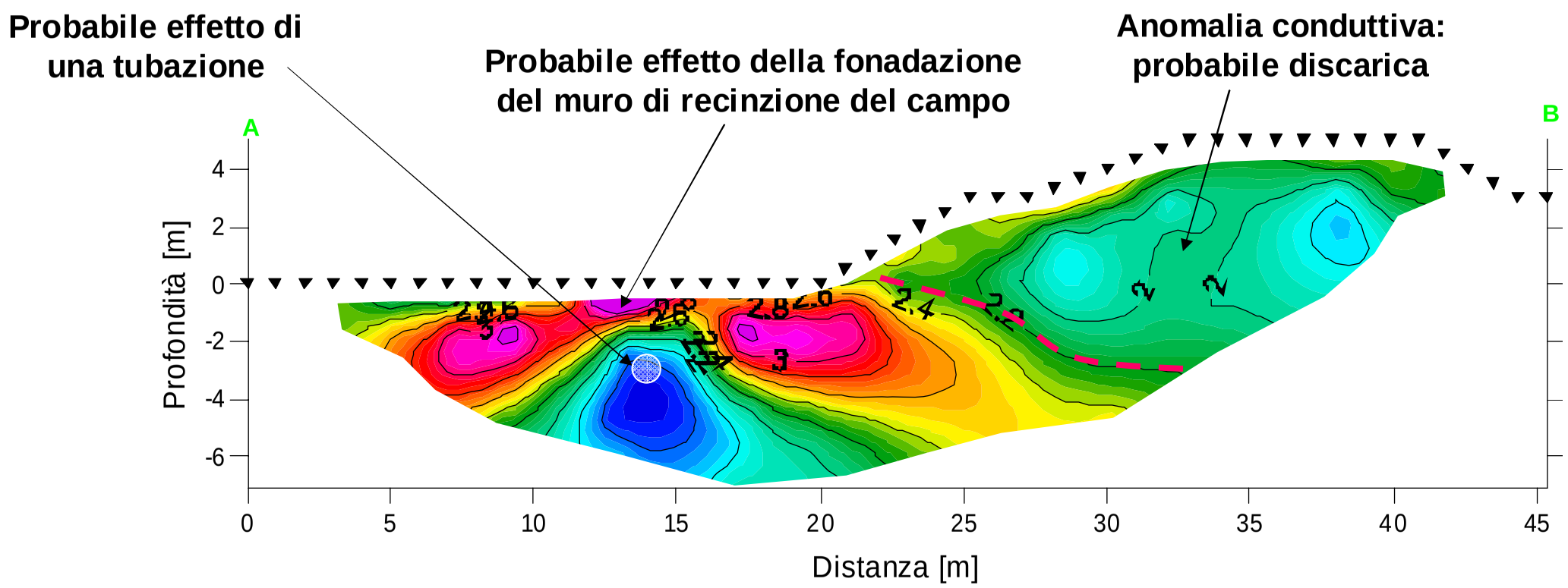
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

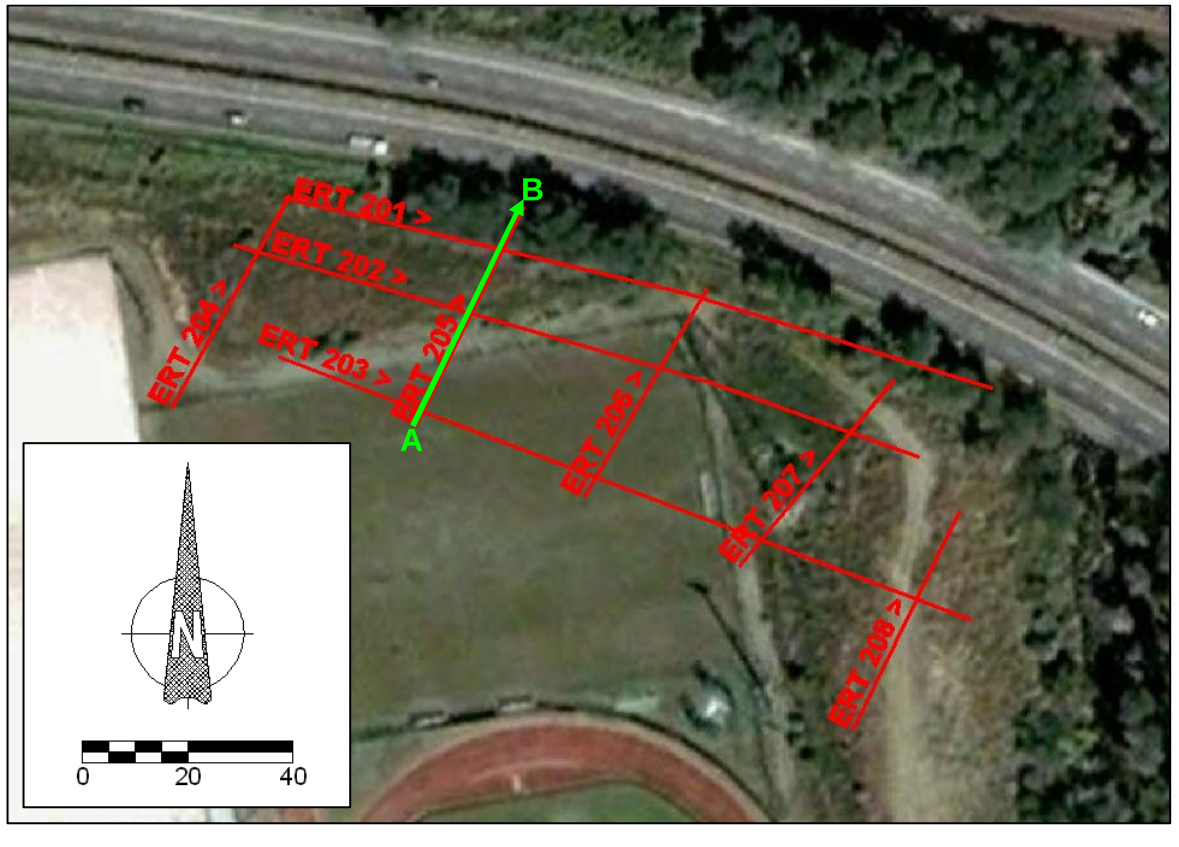
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
	3.2
1000	3
	2.8
500	2.6
	2.4
200	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	16

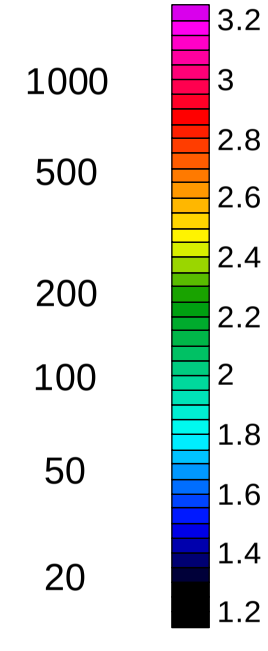
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 205: Modello tomografico di resistività elettrica





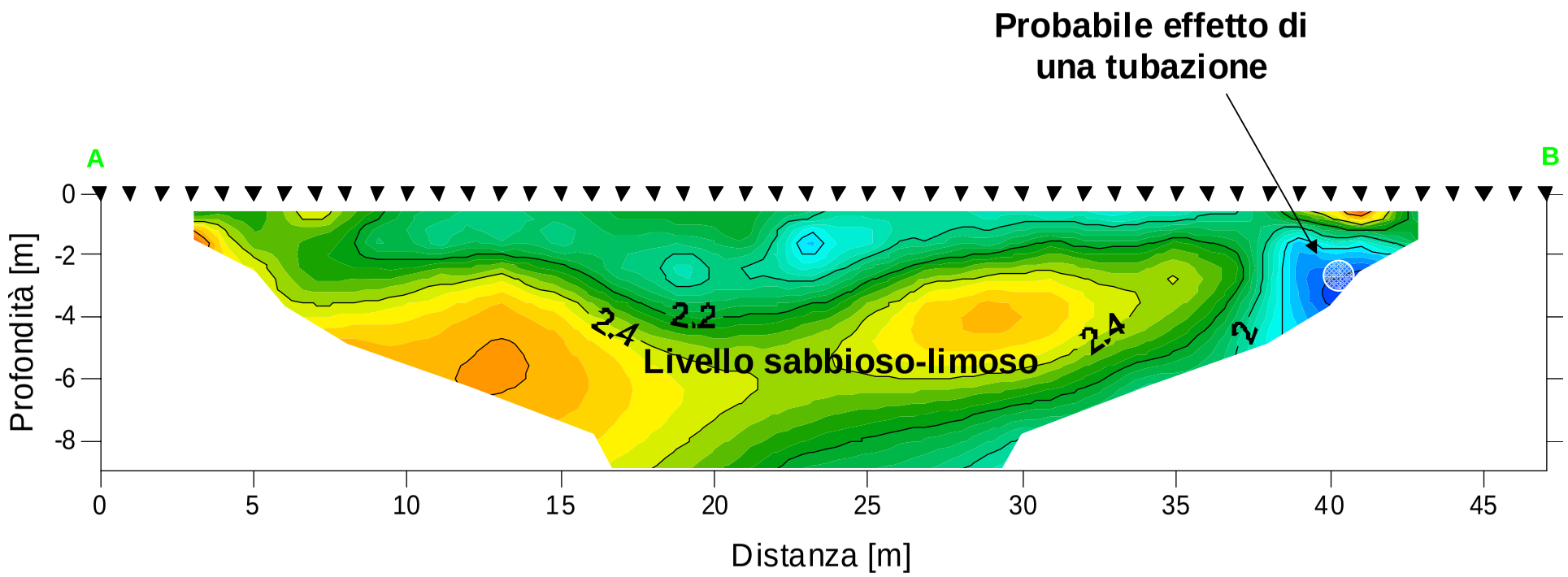
Scala dei colori
Resistività eletrica reale
[Ohm·m] [log Ohm·m]

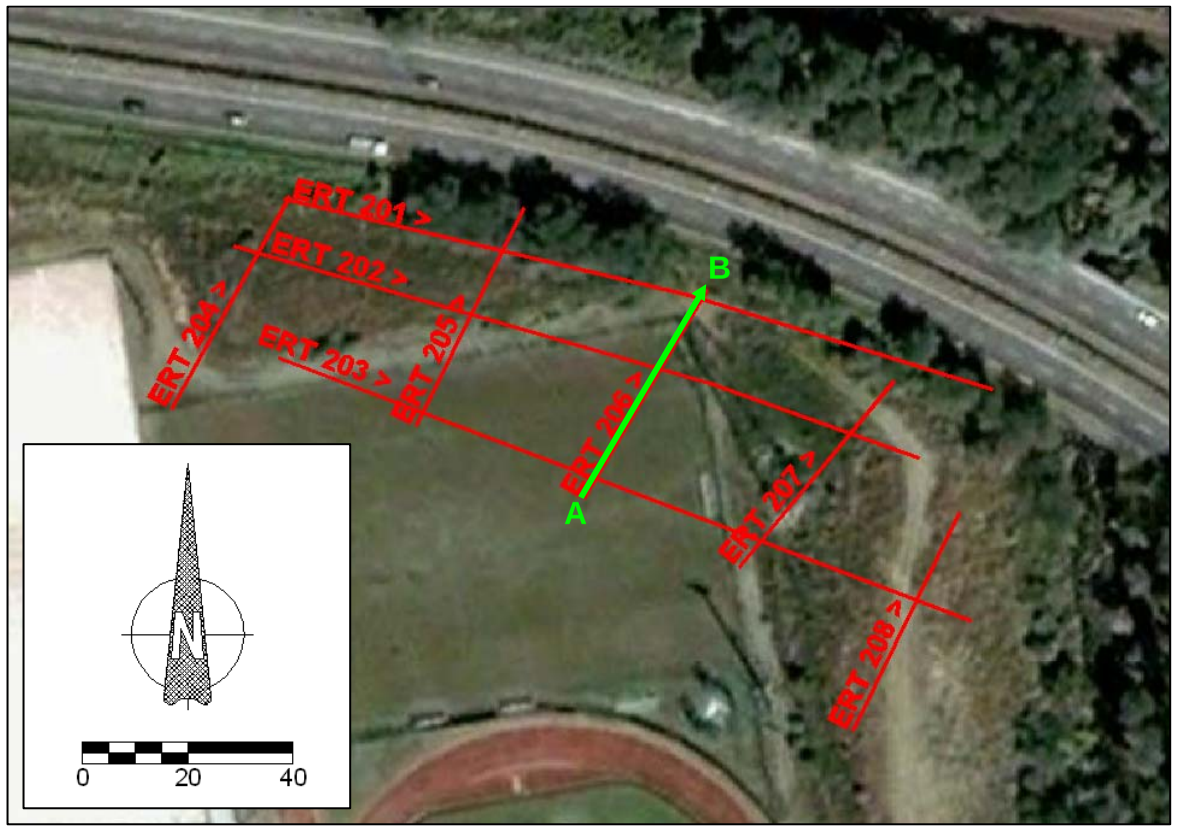


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	17

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 206: Modello tomografico di resistività elettrica





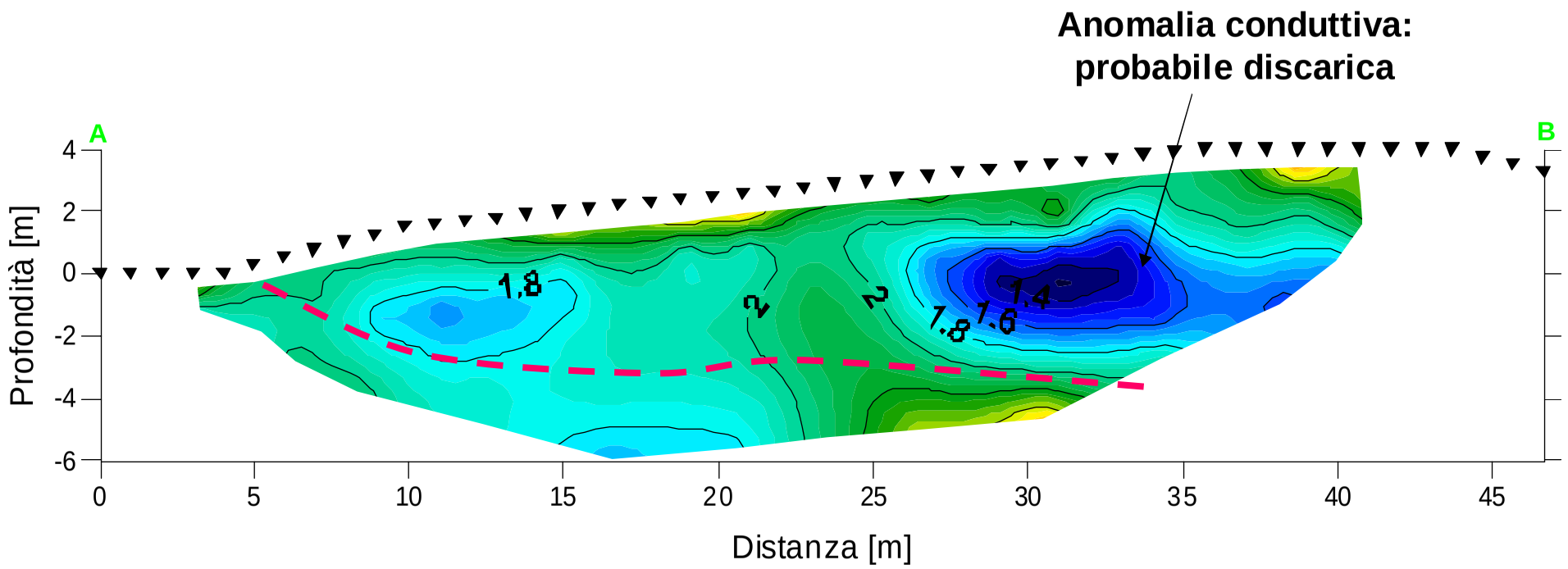
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

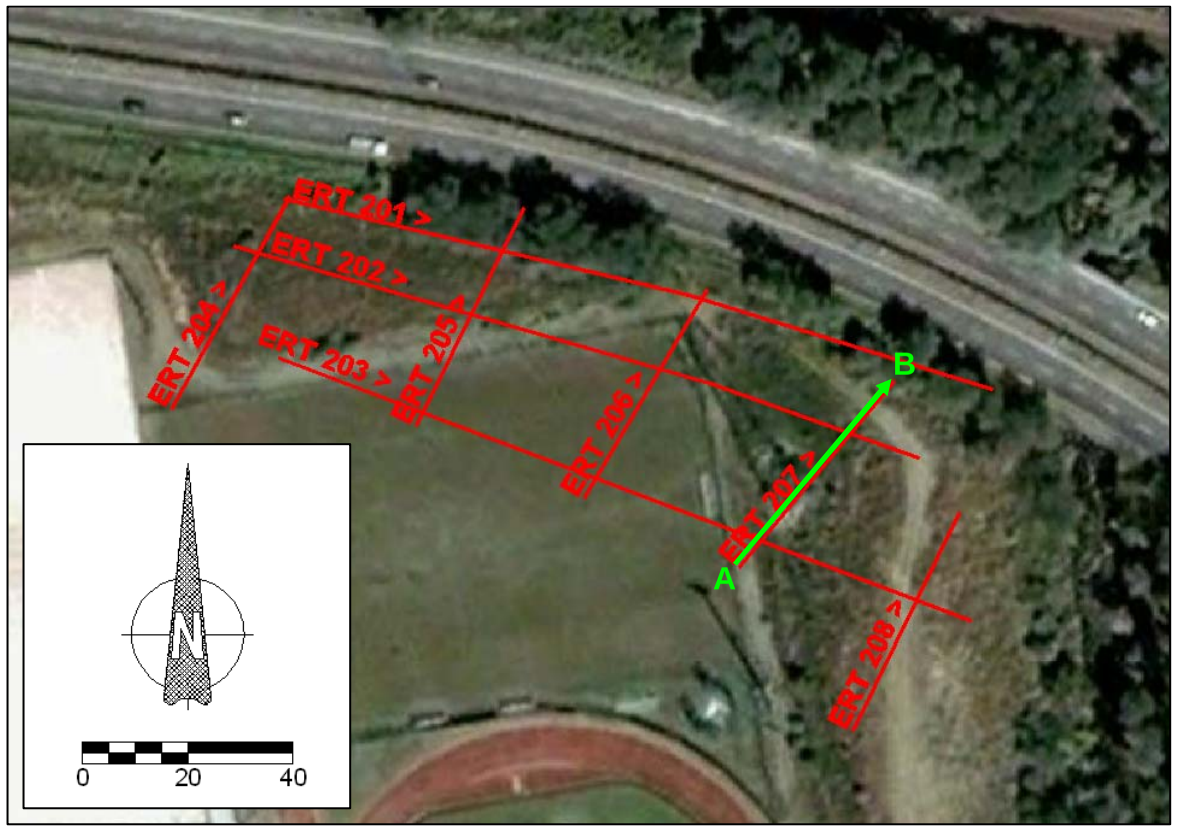
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
500	3
200	2.8
100	2.6
50	2.4
20	2.2
	2
	1.8
	1.6
	1.4
	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**18**

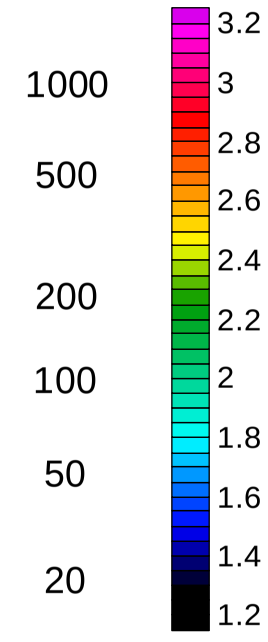
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 207: Modello tomografico di resistività elettrica





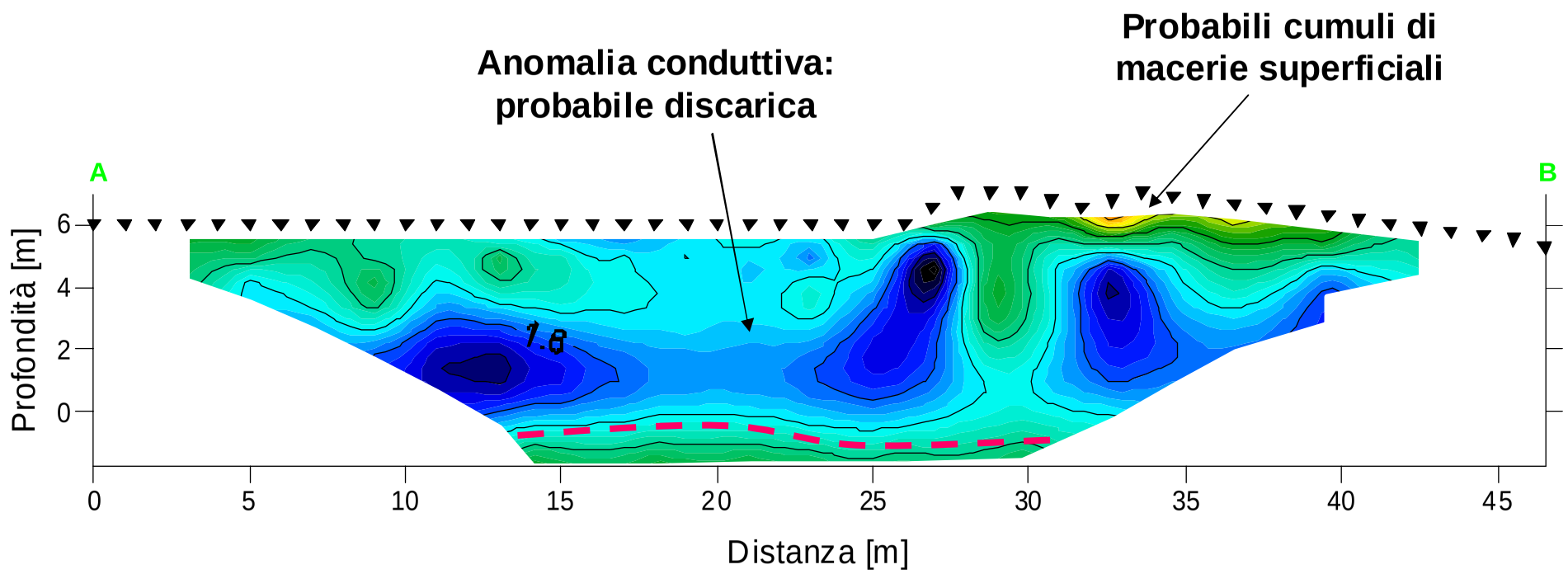
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

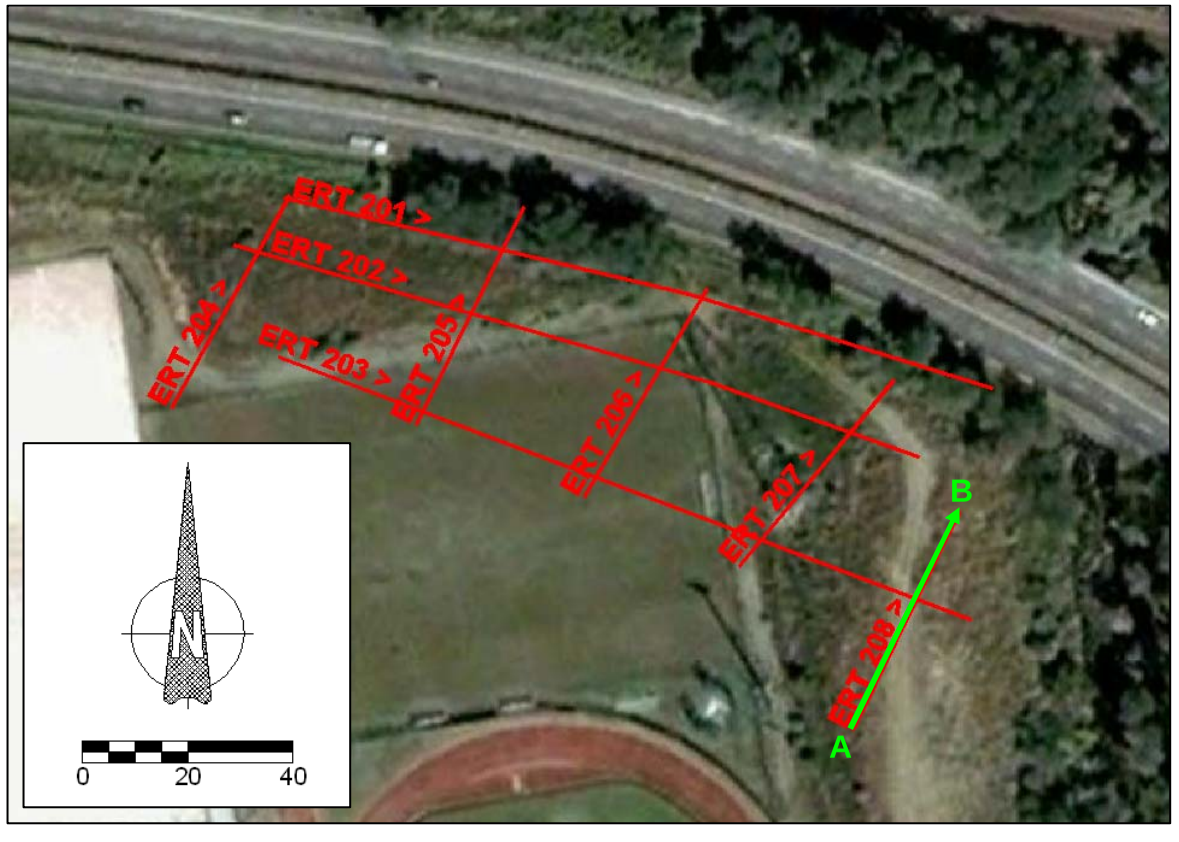


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	19

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Linea ERT 208: Modello tomografico di resistività elettrica





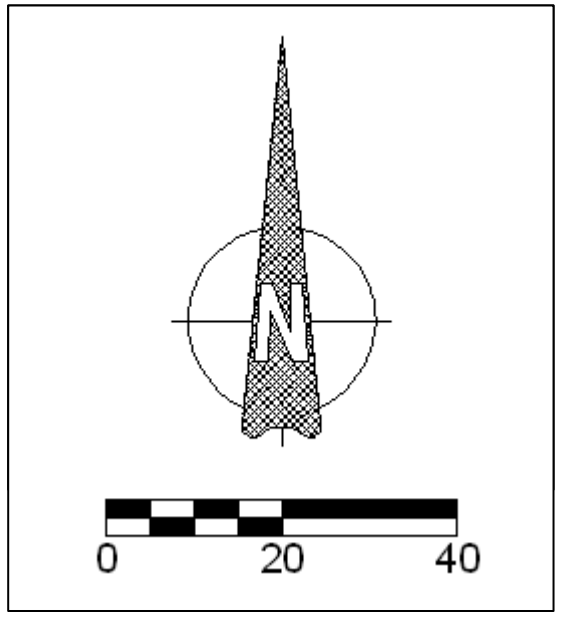
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

[Ohm·m]	[log Ohm·m]
1000	3.2
	3
500	2.8
	2.6
200	2.4
	2.2
100	2
	1.8
50	1.6
	1.4
20	1.2

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	20

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Campo sportivo di Meda (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate



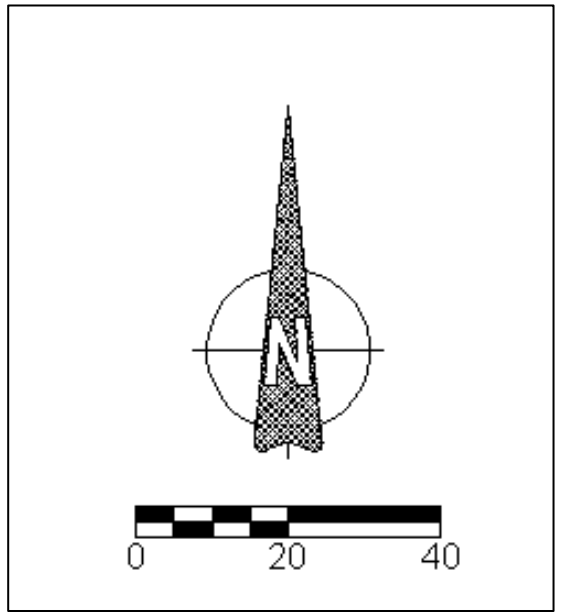
Legenda

- Sezioni ERT
- Anomalie conduttive: probabili rifiuti interrati

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	21

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

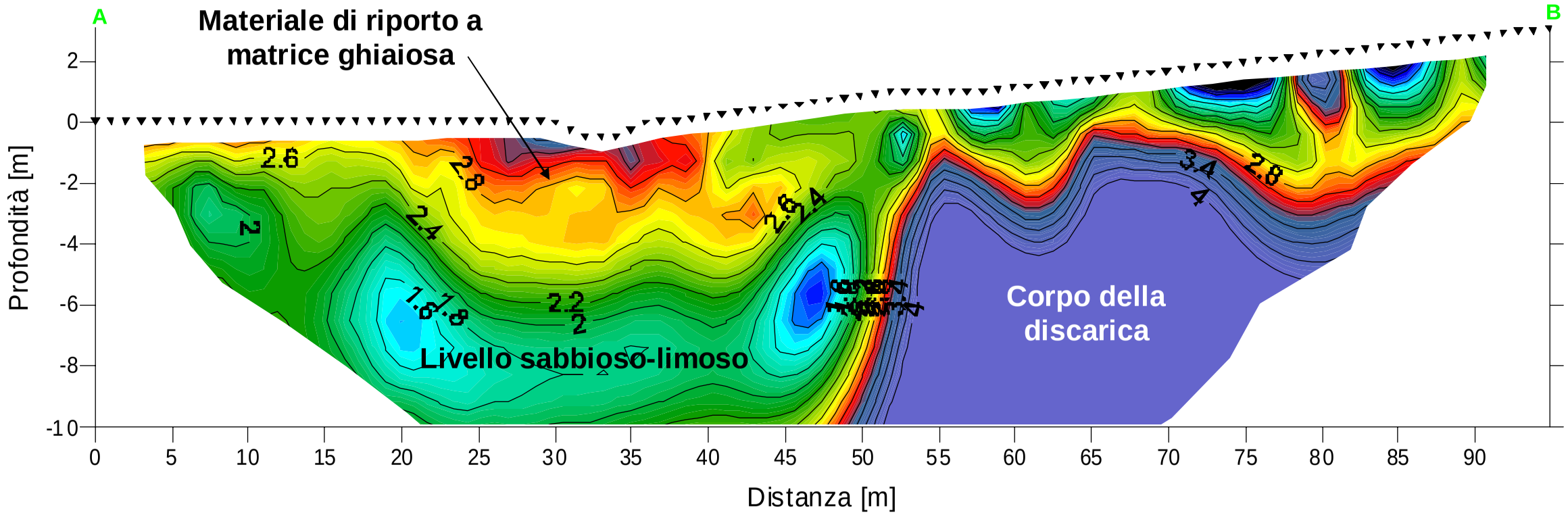
Ulbicazione indagini geoelettriche

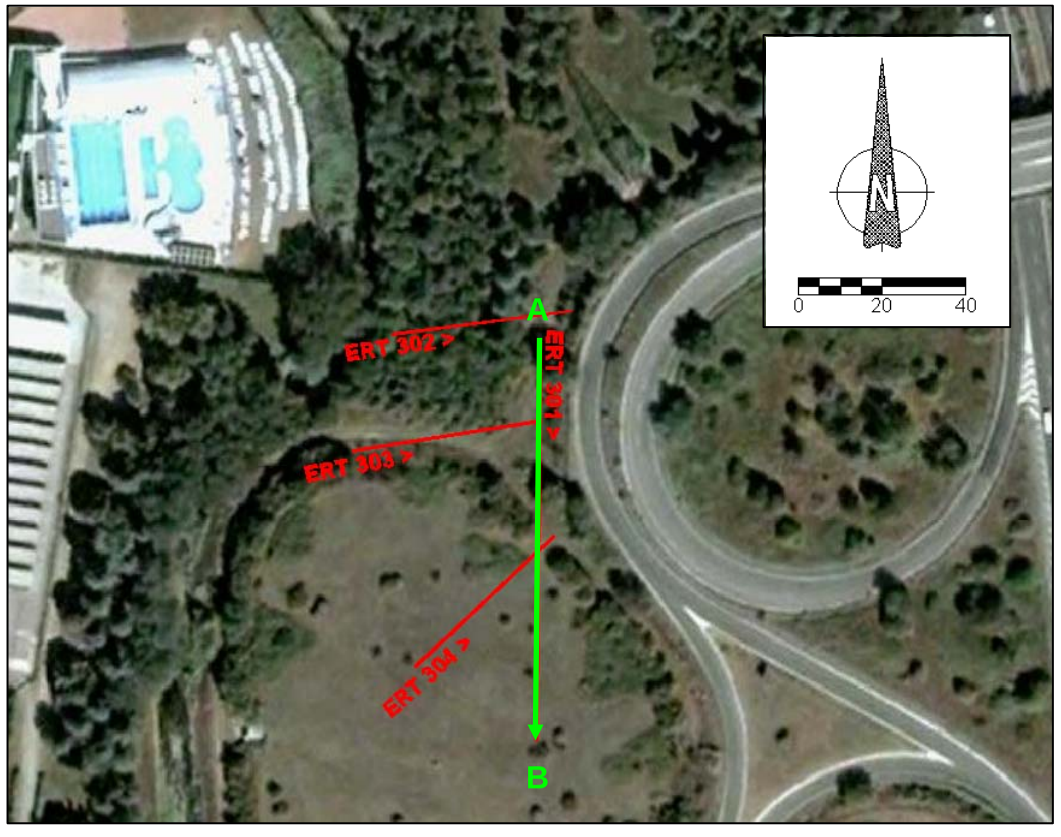


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**22**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 301: Modello tomografico di resistività elettrica
(scala verticale doppia rispetto all'orizzontale)





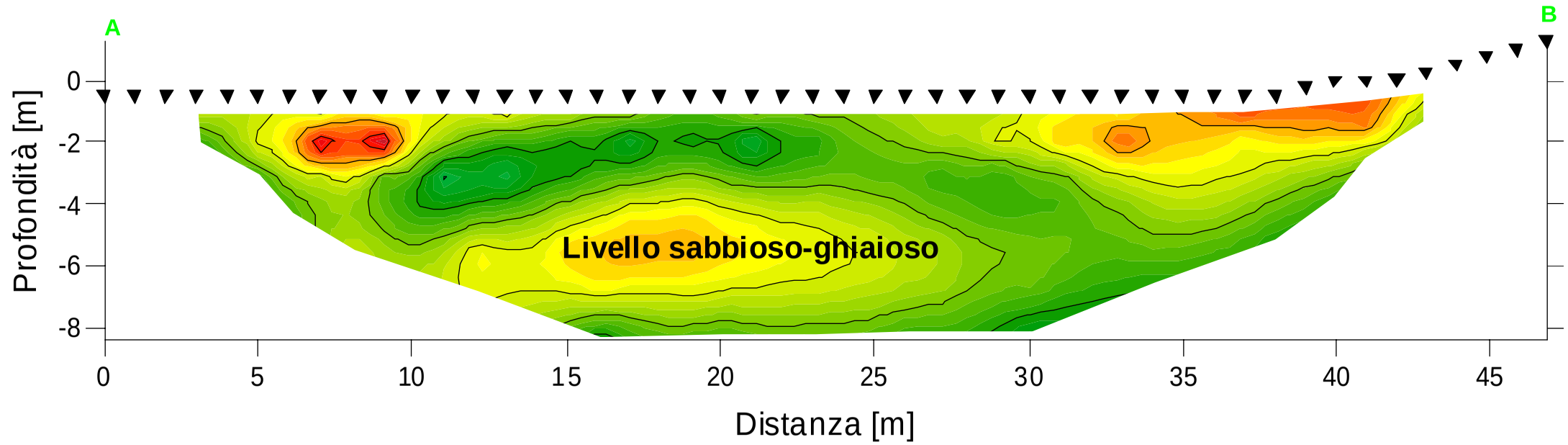
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

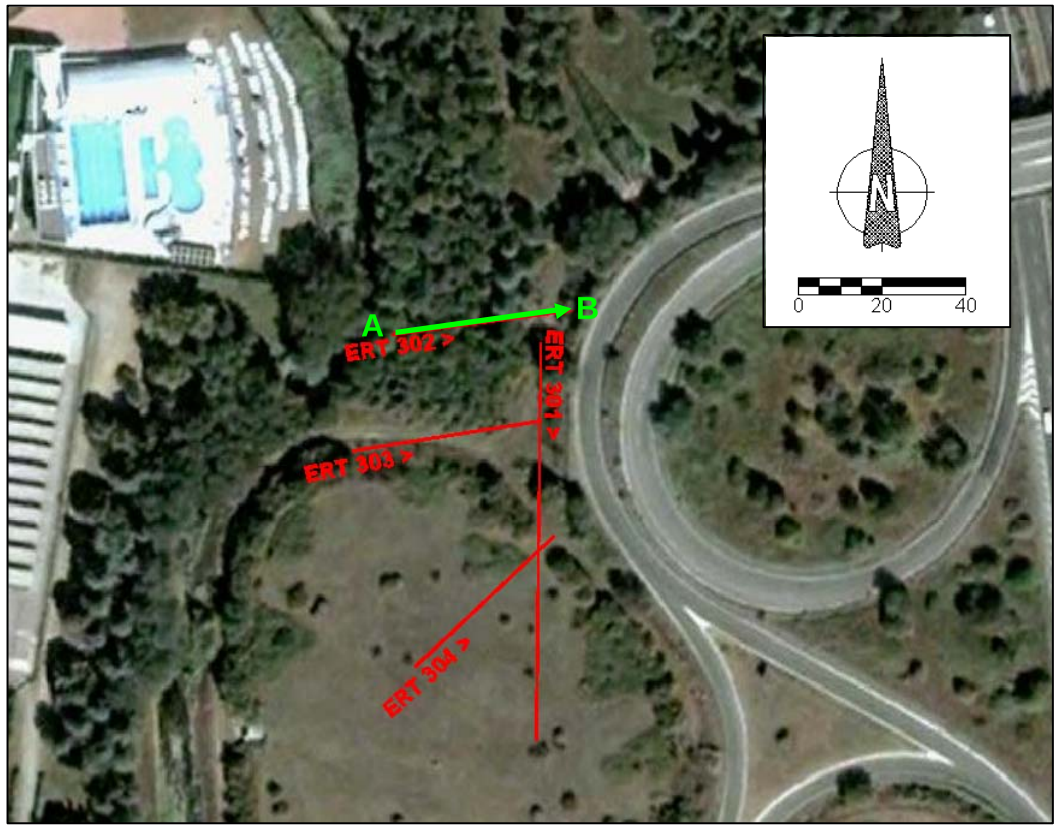
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
10000	4
	3.5
1000	3
	2.5
100	2
	1.5
10	1

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	23

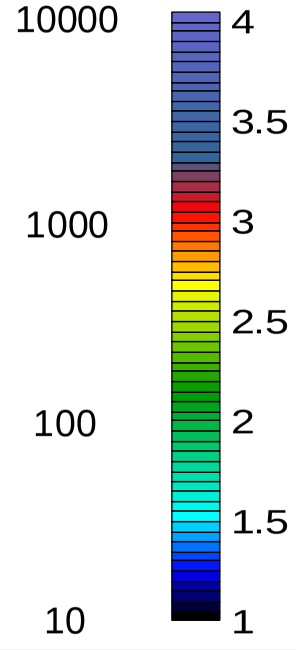
Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 302: Modello tomografico di resistività elettrica





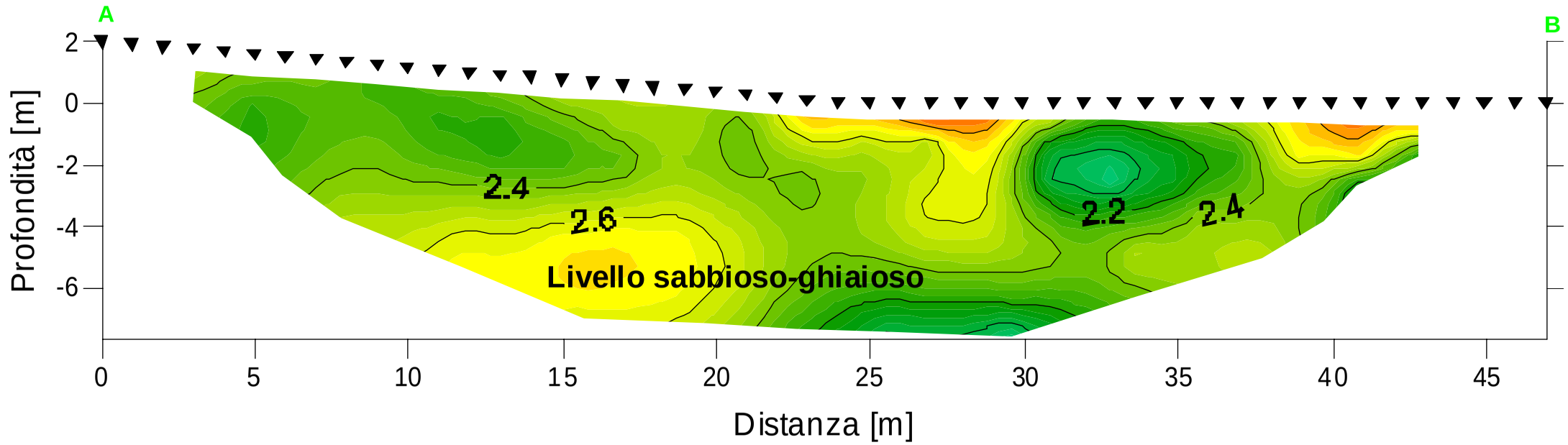
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

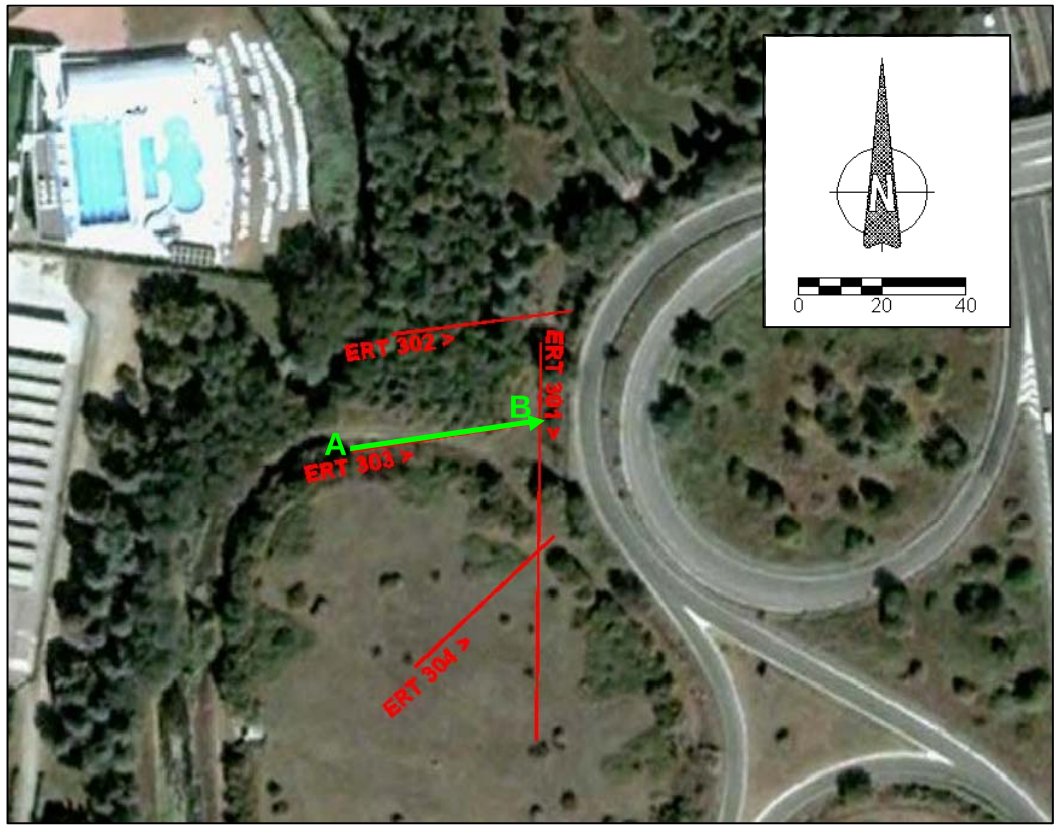


ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**24**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 303: Modello tomografico di resistività elettrica





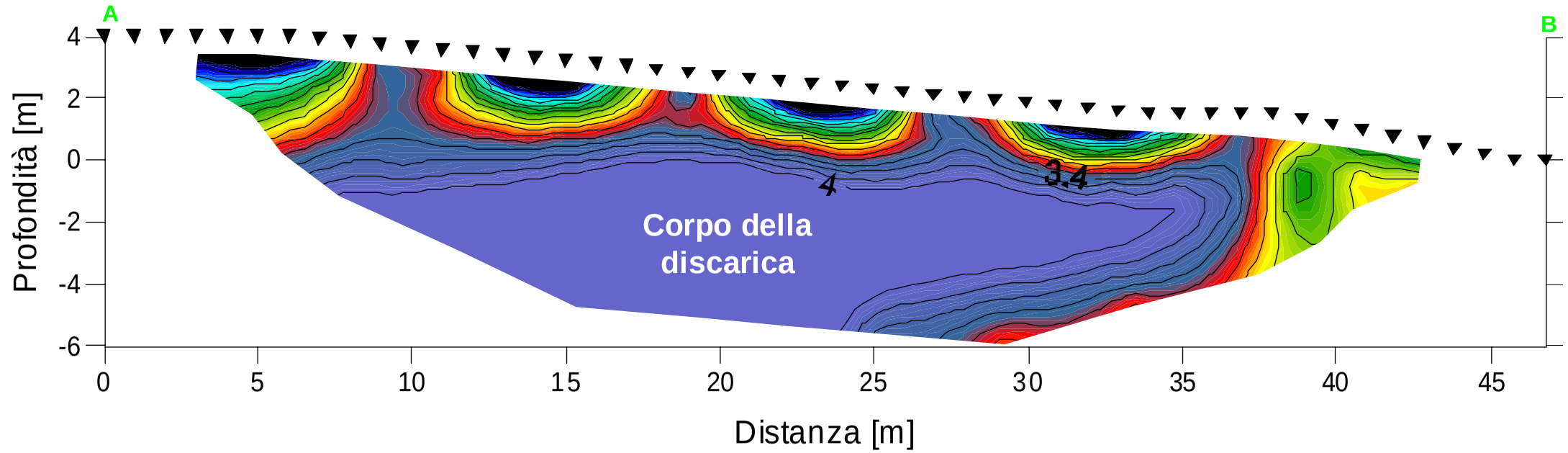
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

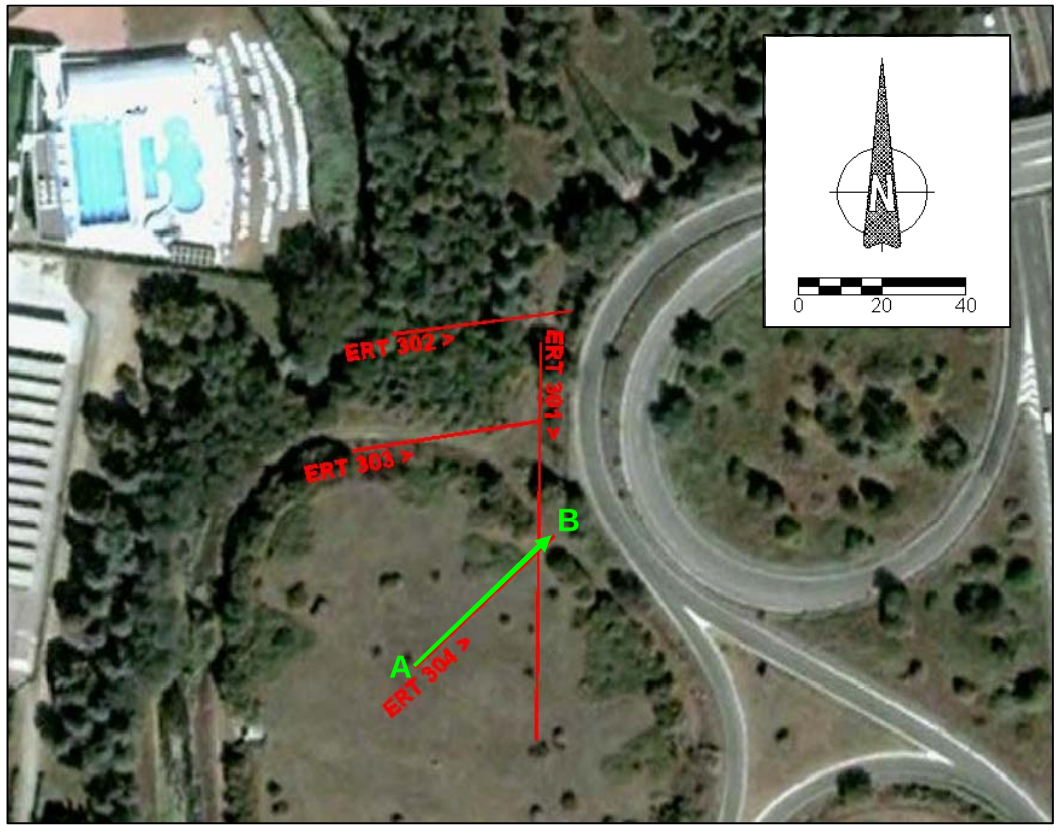
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
10000	4
	3.5
1000	3
	2.5
100	2
	1.5
10	1

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**25**

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Linea ERT 304: Modello tomografico di resistività elettrica





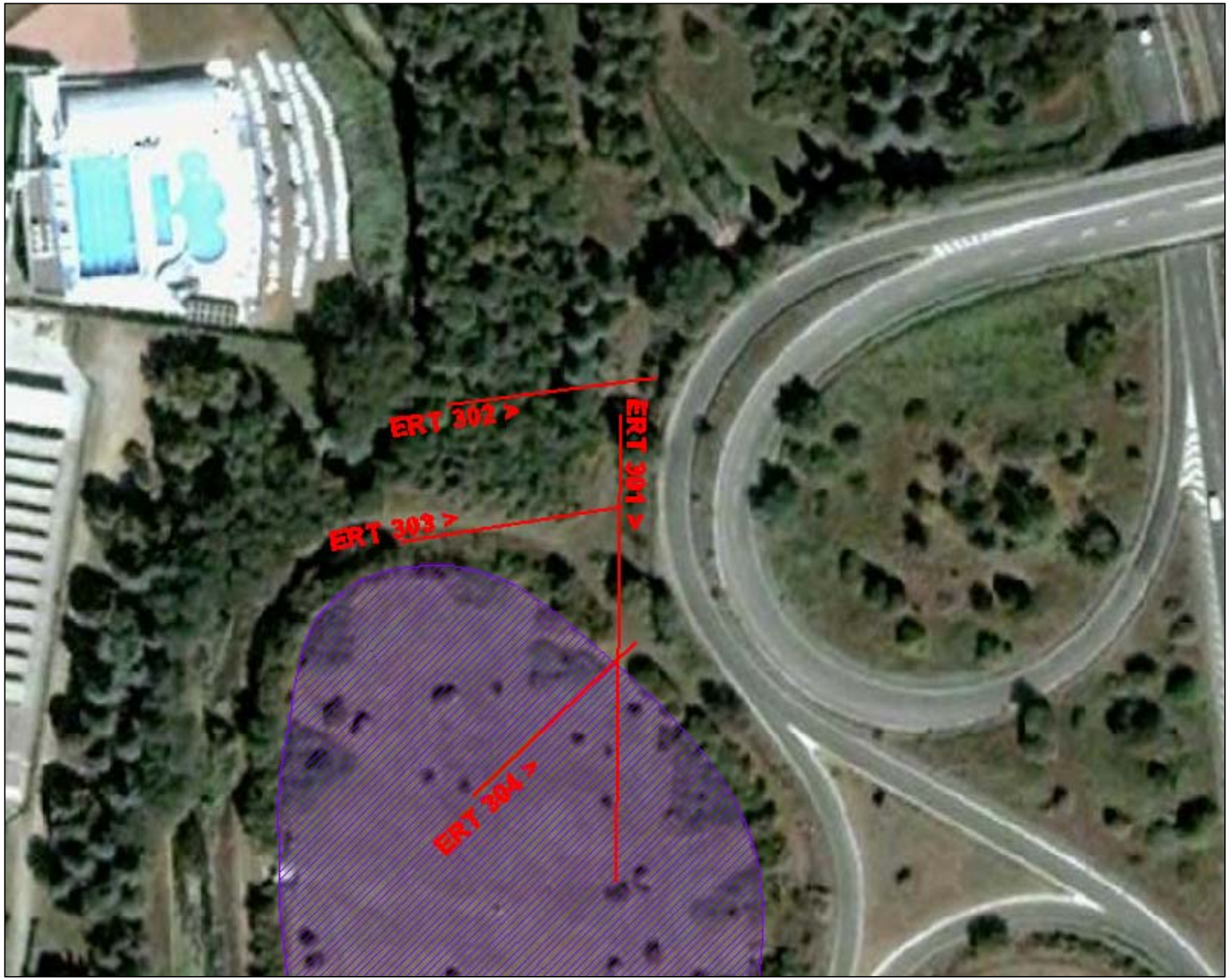
Scala dei colori
Resistività eletrica reale

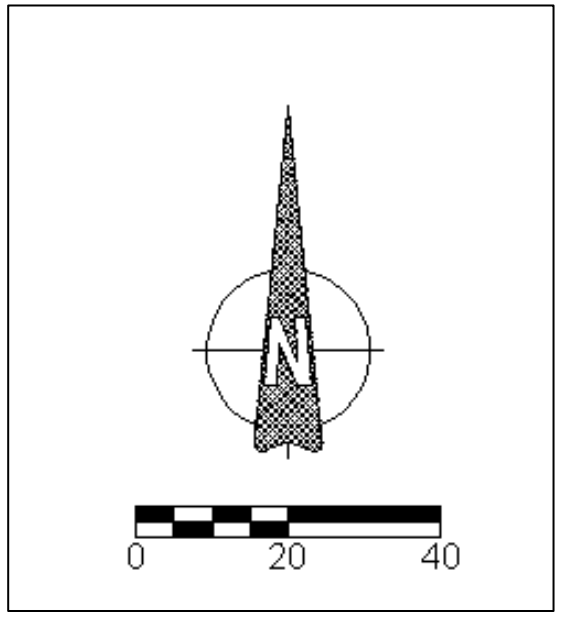
[Ohm·m]	[log Ohm·m]
10000	4
	3.5
1000	3
	2.5
100	2
	1.5
10	1

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	26

Autostrada Pedemontana Lombarda
Sito: Bosco delle Querce, Meda (MI)

Ulbicazione principali anomalie riscontrate





Legenda

Sezioni ERT

Corpo della discarica di rifiuti tossico-nocivi

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE RCT srl - VIGER LAB srl		
Committente:	Consorzio Italiano per le Infrastrutture Lombarde	
Progetto:	Autostrada Pedemontana	
Sito:	Seveso - Meda (MI)	
Data:	12/2008	Figura:
Relazione:	722/2008	**27**

Autostrada Pedemontana Lombarda

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO
E OPERE CONNESSE

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTE B1, B2, C, D
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI COMO
2° LOTTO DELLA TANGENZIALE DI VARESE

TRATTA B2

INDAGINI GEOGNOSTICHE

INDAGINI IN SITO

RELAZIONE INDAGINI INDIRETTE

ALLEGATO 2 – I^ FASE

Elaborazione:

CONSORZIO ITALIANO PER LE INFRASTRUTTURE LOMBARDE

Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A

LAVORO

INDAGINI GEOFISICHE PER IL RILIEVO DI STRUTTURE ANTROPICHE INTERRATE NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI MEDA - COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GIAGGIOLO

INDICE

1. PREMESSA **3**
2. PROSPEZIONI ELETTRICHE – TECNICA TOMOGRAFICA **4**
2.1 – CENNI TEORICI ***4***
2.2 – PROPRIETA' ELETTRICHE DEL SUOLO ***5***
2.3 – STRUMENTAZIONE ED ACQUISIZIONE ***6***
3. RISULTATI **9**
4. CONCLUSIONI **9**

TAVOLE:

- TAV. 1 Schema planimetrico con ubicazione indagini
- TAV. 2 Schema planimetrico con ubicazione anomalie
- TAVV. 3a - 3d Sezioni di tomografia elettrica
- TAVV. 4a - 4d Sezioni interpretate

1. PREMESSA

Il presente rapporto tecnico illustra i risultati di una campagna di indagini geofisiche condotta mediante tomografia elettrica di superficie (ERT) eseguita per conto della Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A. nel Comune di Meda nel tratto autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo.

Scopo del presente lavoro è quello di individuare e delimitare arealmente la presenza di un massetto in calcestruzzo, poggiante su di un telo in HDPE, di cui è stata puntualmente appurata l'esistenza nel corso di recenti sondaggi geognostici.

Le indagini sono consistite nell'esecuzione di n. 15 stendimenti di tomografia elettrica nell'area di indagine, per complessivi 1632 ml, distribuiti secondo la seguente tabella.

Nome File	Lunghezza (m)
ERT 1	120
ERT 2	120
ERT 3	120
ERT 4	120
ERT 5	168
ERT 6	96
ERT 7	144
ERT 8	144
ERT 9	144
ERT 10	48
ERT 11	72
ERT 12	72
ERT13	96
ERT 14	96
ERT 15	72

Tab.1: Lunghezza stendimenti di tomografia elettrica (ERT)

Le modalità di esecuzione ed i risultati conseguiti dalle indagini sono riportate nei paragrafi seguenti.

2. PROSPEZIONI ELETTRICHE – TECNICA TOMOGRAFICA

2.1 – CENNI TEORICI

Il sistema dei profili elettrici superficiali con dispositivo multi-array, per Tomografia Elettrica di Resistività (ERT), è una metodologia innovativa in quanto evoluzione delle misure geoelettriche classiche, intesa ed applicata in modo tale da ottenere risoluzioni spaziali elevate. Il sistema permette di ricostruire la distribuzione spaziale in 2 dimensioni della resistività reale nel sottosuolo con una risoluzione che dipende dalla distanza tra gli elettrodi.

La disposizione degli elettrodi è ottimizzata per minimizzare il numero di profili necessari ad individuare l'obiettivo in questione. Tutti gli elettrodi (posti alla stessa distanza uno dall'altro) sono collegati, mediante un apposito cavo multiconduttore, allo strumento di acquisizione.

La corrente viene applicata ad una coppia di elettrodi misurando poi la differenza di potenziale tra tutte le altre coppie di elettrodi disponibili nella configurazione scelta. Si passa poi ad una seconda coppia di trasmissione e così via fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti sui poli e dipoli disponibili. Si ottengono così centinaia di misure per ciascuna sezione di interesse e, con un apposito algoritmo di inversione, è possibile ricostruire la distribuzione di resistività reale del sottosuolo.

Sono normalmente utilizzate misure a bassa frequenza (elettriche) per minimizzare l'entità dei disturbi causati da servizi sotterranei qualora presenti. Le misure (fino a circa 600 per ogni stendimento) sono interpretate mediante uno specifico software, capace di ricostruire la distribuzione di resistività reale in due o tre dimensioni, legata alle caratteristiche geologico-stratigrafiche, al contenuto d'acqua nel suolo e alla presenza di "oggetti" anomali interrati (fusti metallici, strutture in cemento, cavità, tunnel, ecc.).

2.2 – PROPRIETA' ELETTRICHE DEL SUOLO

La resistività dei sedimenti è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- grado di saturazione dei pori,
- porosità,
- salinità del fluido presente nei pori,
- temperatura,
- presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi,ecc.)
- contenuto di argilla .

La relazione empirica proposta da Archie è valida principalmente per suoli avente scarsa componente argillosa (sabbie, ghiaie) :

$$\rho_s = \rho_f \ a \ \rho^{-n} \ S^{-m}$$

dove:

- ρ_s: resistività ($\Omega \bullet m$) del suolo parzialmente saturo di fluido,
- ρ_f : resistività (W•m) del fluido presente nei pori,
- **S** : frazione del volume di pori occupata dal fluido,
- **m**: coefficiente di saturazione (solitamente assunto essere pari a 2),
- **a**: costante empirica, detta di Winsaur ,
- **n**: coefficiente empirico, detto di "tortuosità" ,
- : porosità del suolo .

La resistività del fluido ρ_f è calcolabile qualora si conoscano le concentrazioni di ioni in soluzione (ad es. Cl-, SO4=, NO3-, ecc.) utilizzando la formula:

$$\rho f = 0.0123 + 10^{(3.562 - 0.955 \log 10C)}$$

dove C è la somma delle concentrazioni (pesate da opportuni coefficienti ricavati sperimentalmente per ciascun ione) di tutti gli ioni presenti.

Ad esempio, se il fluido è costituito da acqua di falda, si possono ottenere i seguenti valori :

H2O con :

- 100 mg/l di Cl^- = 13 Ω•m
- 1000 mg/l di Cl^- =2.75 Ω•m
- 10000 mg/l di Cl^-=0.3 Ω•m

Una normale sabbia fine, avente porosità pari a 0.35 e satura d'acqua (S=1) presenterebbe, nei tre casi precedenti, rispettivamente le seguenti ρs : 75, 16 e 1.8 Ω•m. Si sottolinea come dei fluidi altamente ricchi di sali sciolti oppure un percolato che si forma nelle discariche dei R.S.U., possono rendere terreni naturalmente resistivi (sabbie, ghiaie o gli stessi gessi dry) molto più conduttivi.

In terreno naturale resistività inferiori a 5 Ω•m si possono riscontrare in acquiferi interessati da intrusione salina oppure in particolari argille marine. Infatti i cationi adsorbiti sulla superficie delle particelle di argilla offrono cammini addizionali per la corrente elettrica e quindi aumentano la conducibilità dei sedimenti. Tipicamente le resistività possono scendere, in corrispondenza delle zone più argillose, fino a 15-20 Ω•m anche nel caso di terreno relativamente secco. Ovvero la presenza di sostanze organiche (ad esempio, idrocarburi più o meno densi, solventi, ecc.), elettricamente quasi-isolanti, nella matrice o nei pori provoca un deciso innalzamento della resistività del terreno. In caso di avanzata biodegradazione di queste sostanze si può verificare il rilascio di sali minerali dai grani del suolo e quindi un decremento di resistività elettrica.

2.3 – STRUMENTAZIONE ED ACQUISIZIONE

La distanza tra gli elettrodi è stata scelta al fine di ottenere la miglior risoluzione per la profondità di indagine richiesta. Per l'acquisizione è stato utilizzato il dispositivo dipolo-dipolo, con i dipoli di corrente e di potenziale in linea. I profili sono stati eseguiti con n. 72 elettrodi e successivi spostamenti detti ROLL di 24 elettrodi aventi

distanza pari a metri 1.0m; la profondità di investigazione raggiunta è pari a circa 8-m al dal p.c.

(Fig. 1 – Immagine stendimento elettrodico)

Lo strumento di acquisizione utilizzato, il georesistimetro multielettrodo SYSCAL Pro (della Iris Instruments), è capace di gestire contemporaneamente un massimo di 256 elettrodi e di programmare, tramite PC, tutte le misure desiderate. In questo lavoro si sono utilizzati 72 elettrodi. Questo strumento ha una precisione strumentale di circa 0,2% ed utilizza un alimentatore in corrente continua di 800 Volt max ed una intensità di corrente massima applicabile di 2.0 Ampere.

Si sono eseguiti n. 15 stendimenti denominati ERT1 – ERT15 di lunghezza variabile per un totale di 1632m, i cui risultati sono descritti nel paragrafo seguente.

3. RISULTATI

Sulla base dei dati acquisiti e delle attività di processing effettuate sugli stessi sono stati ricostruiti i profili di resistività lungo le direttrici di acquisizione (tavv. 3a - 3d), con indicazione delle curve di isoresistività, mentre nella tavola 1 vengono riportate in planimetria le posizioni di tali direttrici.

Dall'esame delle principali anomalie, sulla cui interpretazione verrà discusso nel seguito, è stata redatta la tavola 2 che ne riporta gli andamenti in pianta, mentre nelle tavole 4a - 4d le stesse anomalie sono delimitate nel piano verticale nell'ambito dei profili di resistività.

Le anomalie riscontrate nei diversi profili sono in generale riconducibili a due diverse tipologie tra loro ben distinte. Una prima serie di anomalie (tipo B), associate al rinvenimento di zone ad elevata resistività, appare riconducibile alla presenza di un setto elettricamente isolante continuo posto nel sottosuolo ad una profondità di circa 70 – 100 cm (verosimilmente il telo in HDPE incontrato nei sondaggi). Le proprietà elettriche del setto ne permettono la delimitazione areale con buona precisione, impedendo tuttavia di effettuare valutazioni a proposito dei livelli sottostanti di terreno per l'impossibilità di far giungere a tali strati la corrente elettrica utilizzata per le prospezioni.

Si sono inoltre osservate anomalie localizzate alto resistive (tipo A) la cui presenza appare spiegabile con maggiore difficoltà, sebbene risulti possibile associarle a strutture antropiche sepolte quali tubazioni e/o resti di murature.

4. CONCLUSIONI

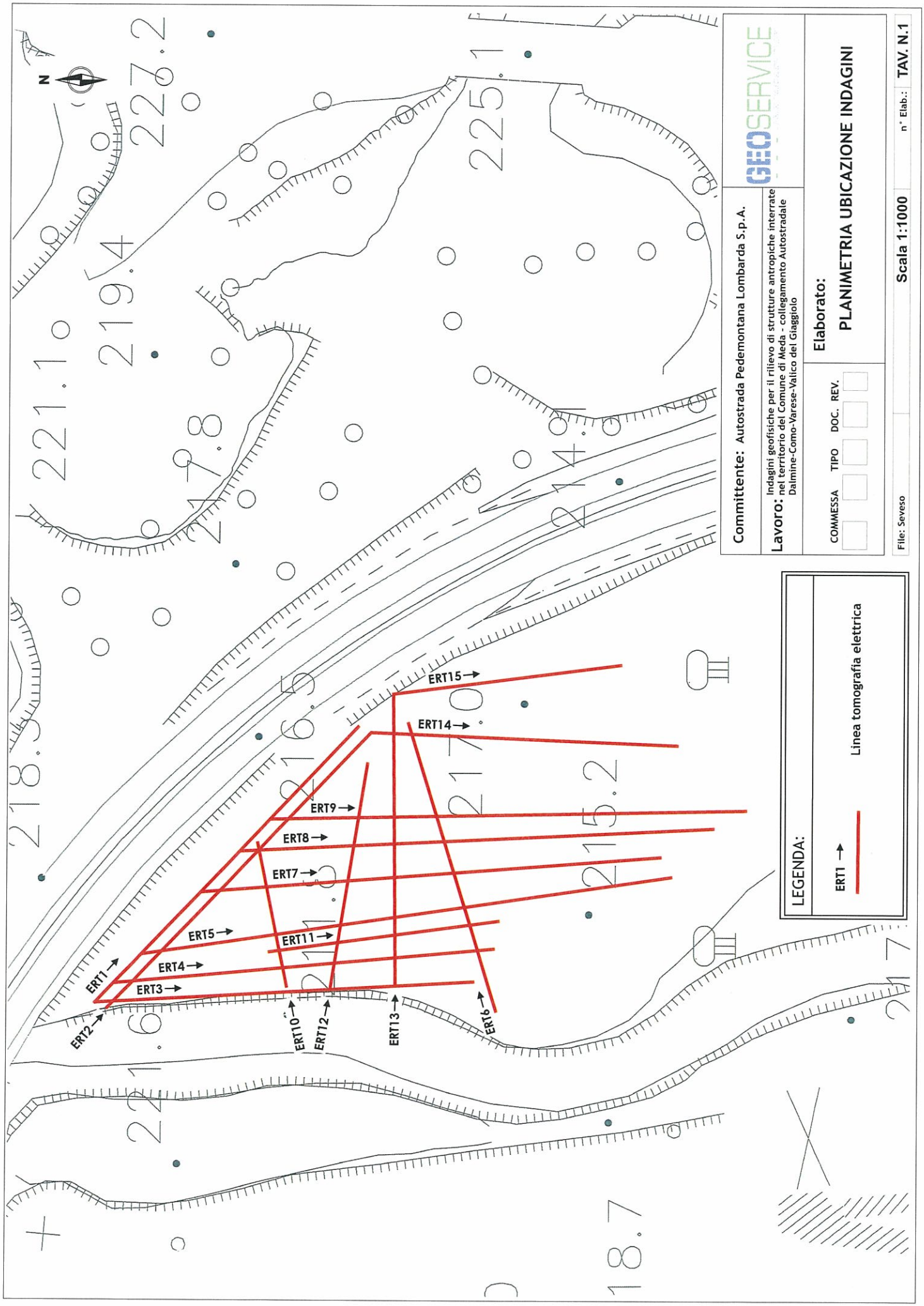
Su incarico della Società Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A. è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche di tomografia elettrica nell'ambito dello studio per la progettazione del collegamento autostradale Dalmine - Como - Varese - Valico di Giaggiolo.

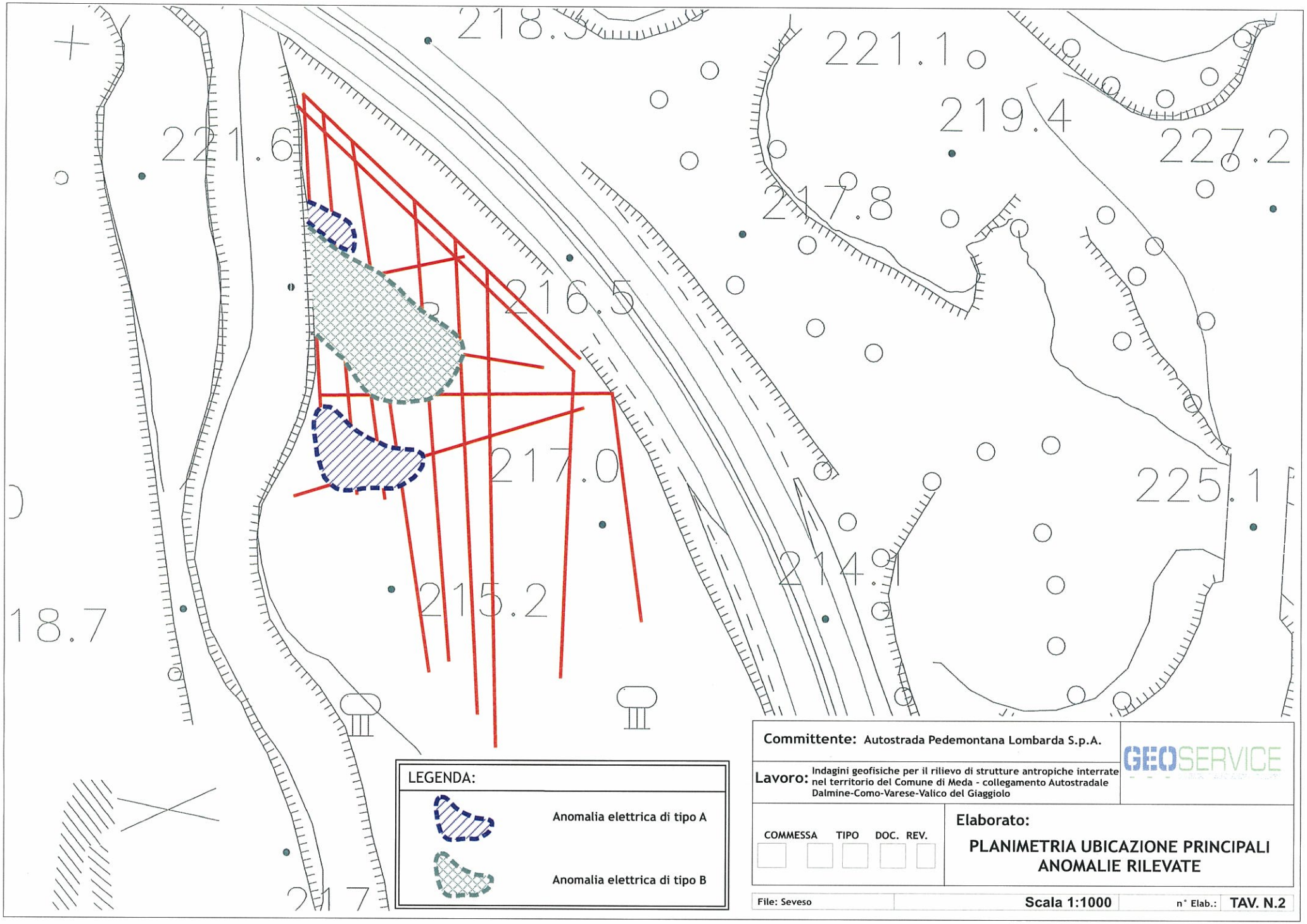
L'analisi e processing dei dati acquisiti ha permesso di evidenziare due tipologie di anomalie elettriche principali descritte nel precedente capitolo 3 e di raggiungere lo scopo primario del lavoro che risultava quello di individuare e delimitare la presenza di un telo in HDPE nei primi livelli del sottosuolo, oltre che accertare la puntuale presenza di ulteriori elementi di interesse (strutture antropiche sepolte).

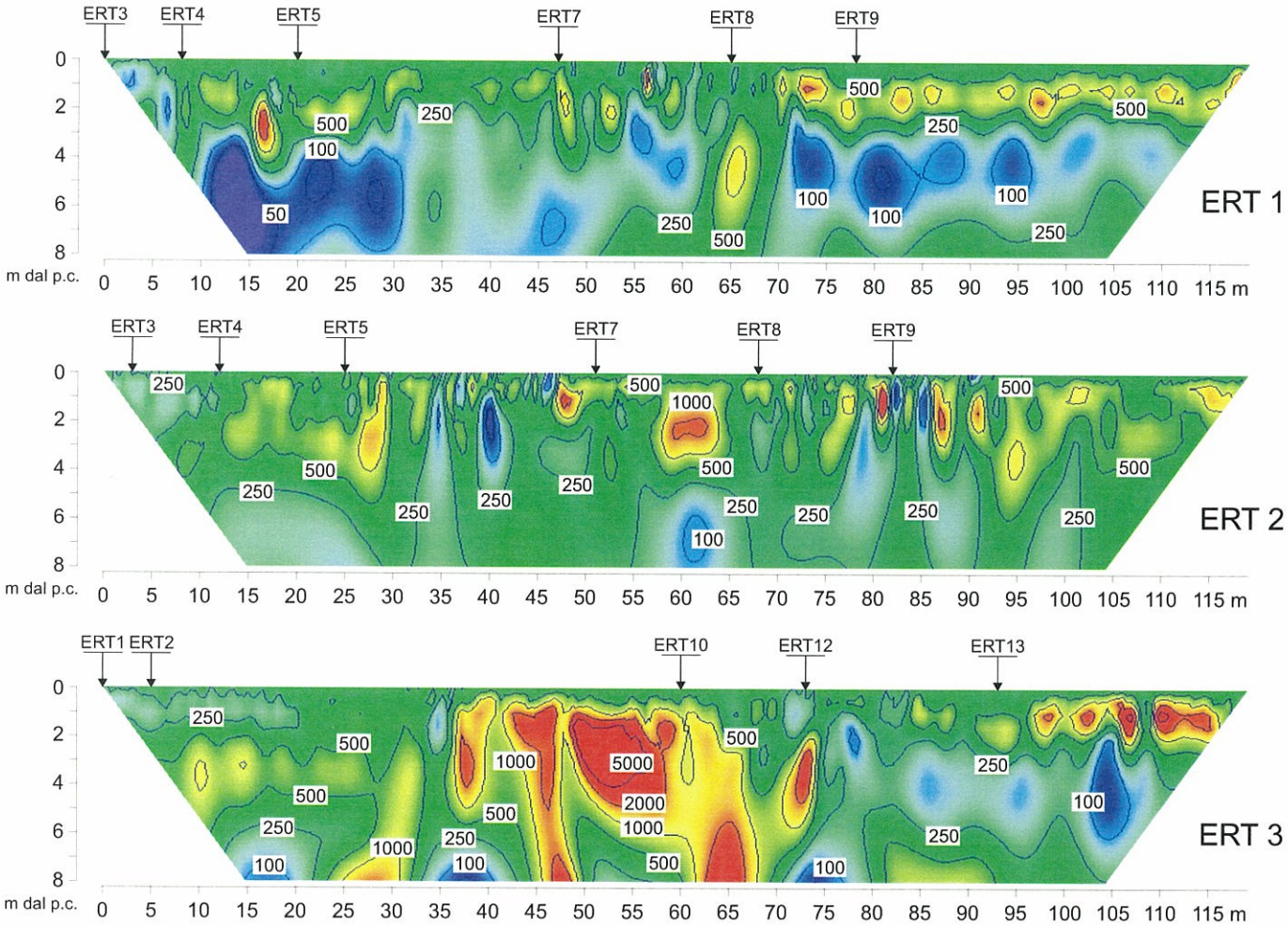
Come già accennato in precedenza, in dipendenza della funzione di schermo elettrico assolta dal telo in HDPE, non è risultato possibile ottenere informazioni geoelettriche a proposito dei livelli di terreno ad esso sottostanti e quindi effettuare valutazioni sulla tipologia e/o qualità dei materiali ivi presenti.

I risultati dell'indagine sono graficamente evidenziati nelle Tavole allegate al presente rapporto Tecnico.

Sulla base dei risultati descritti, mentre appare definita con buona approssimazione l'estensione areale del telo in HDPE, per cui può comunque essere utile una verifica in sito mediante saggi puntuali, specie nelle porzioni di confine, in merito alle anomalie di tipo "A" si ritiene utile suggerire la verifica della effettiva attribuzione delle anomalie stesse mediante indagini dirette fino alla profondità di 1,00 -2.00 m al di sotto del p.c.


N
ERT1
ERT2
ERT3
ERT4
ERT5
ERT6
ERT7
ERT8
ERT9
ERT10
ERT11
ERT12
ERT13
ERT14
ERT15
LEGENDA:
ERT1
Linea tomografia elettrica
Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo
COMMESSA
TIPO
DOC.
REV.
Elaborato:
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI
GEOSERVICE
File: Seveso
Scala 1:1000
n° Elab.:
TAV. N.1


218.5
221.1
219.4
227.2
221.6
217.8
216.5
217.0
225.1
214.1
215.2
18.7
217
LEGENDA:
Anomalia elettrica di tipo A
Anomalia elettrica di tipo B
Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo
GEOSERVICE
COMMESSA
TIPO
DOC.
REV.
Elaborato:
PLANIMETRIA UBICAZIONE PRINCIPALI ANOMALIE RILEVATE
File: Seveso
Scala 1:1000
n° Elab.:
TAV. N.2



LEGENDA:

50 — Valori di Resistività in Ohm*m

ERT2 — Incrocio con altra linea tomografia elettrica

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.

Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo

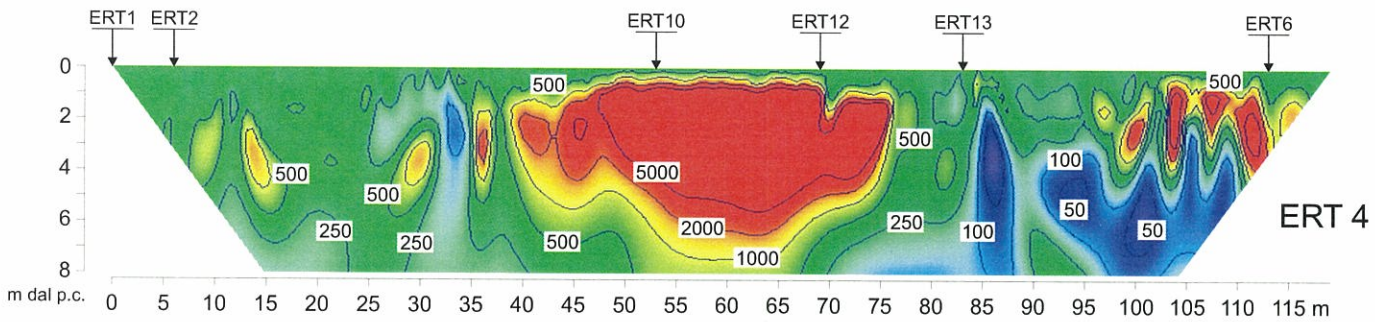
GEOSERVICE

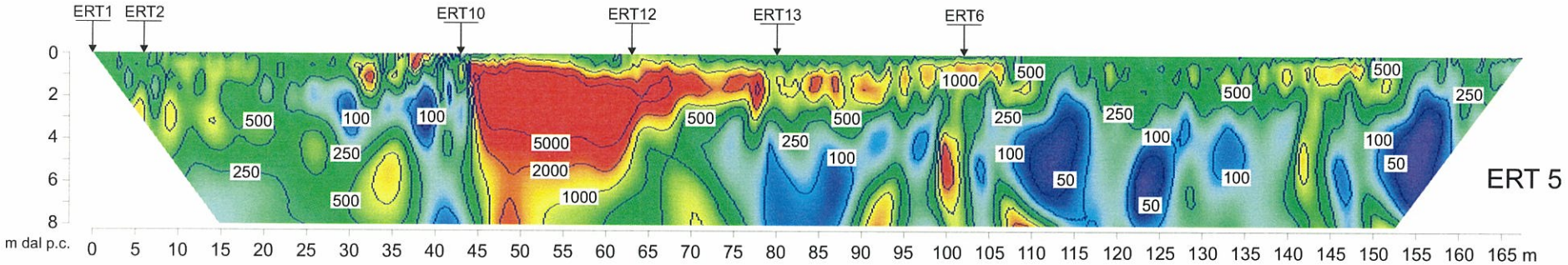
COMMESSA	TIPO	DOC.	REV.

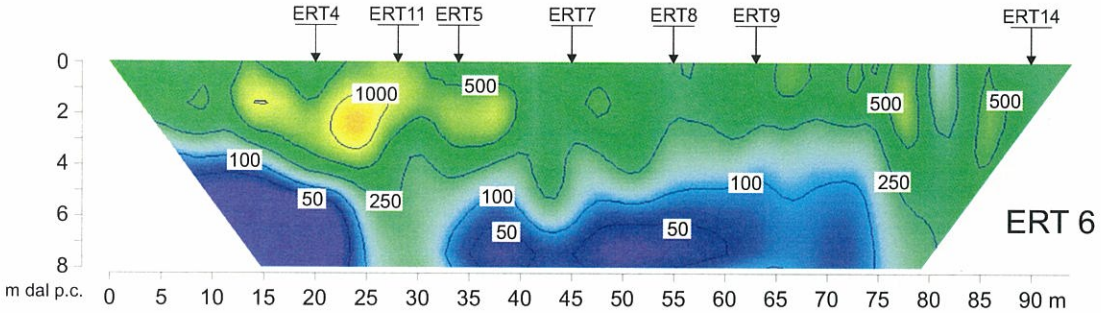
Elaborato:

SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE

File: Seveso | Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500 | n° Elab.: TAV. N.3A







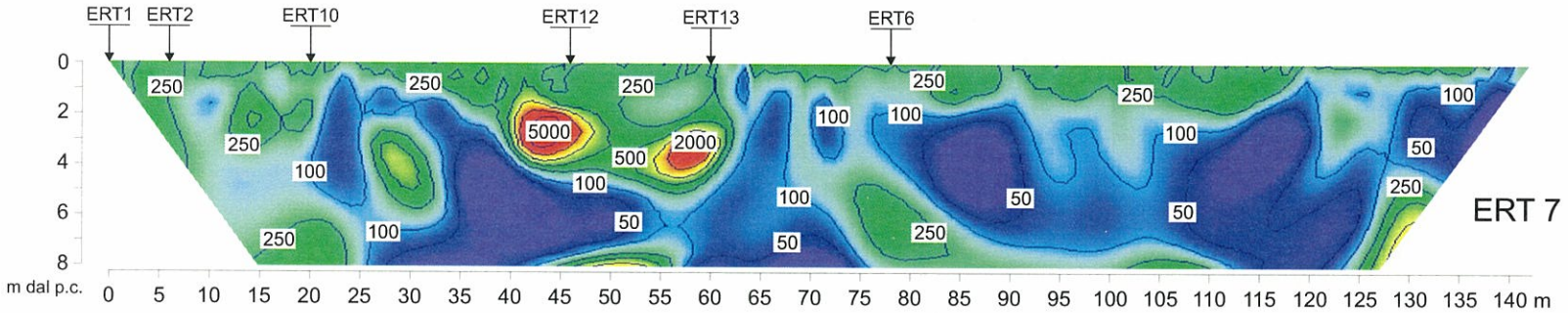
LEGENDA:

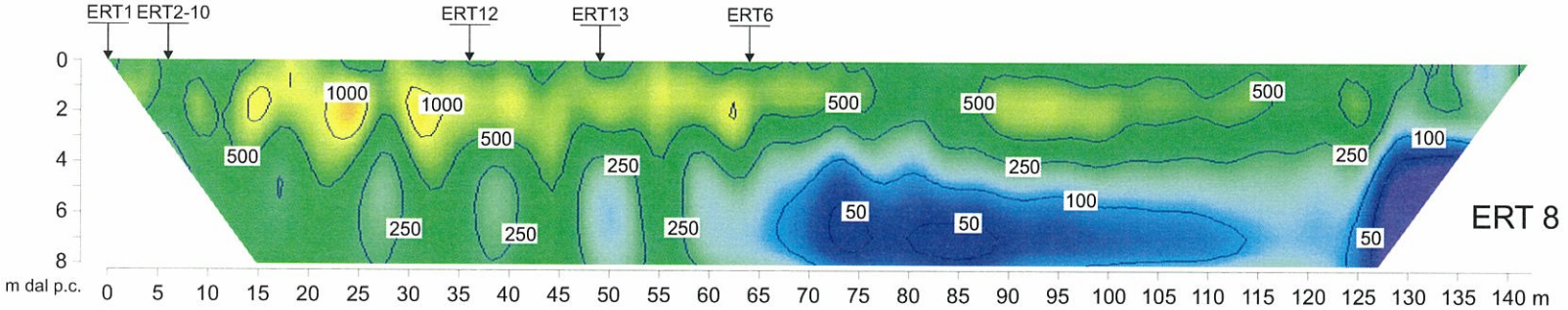
50 — Valori di Resistività in Ohm*m

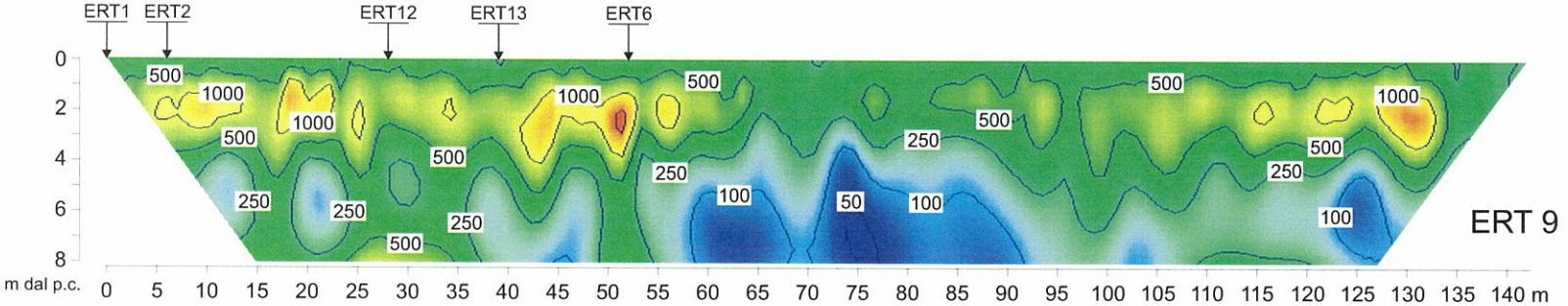
ERT2 — Incrocio con altra linea tomografia elettrica

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA / TIPO / DOC. / REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE
File: Seveso	**Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500** — n° Elab.: **TAV. N.3B**







LEGENDA:

50 — Valori di Resistività in Ohm*m

ERT2 — Incrocio con altra linea tomografia elettrica

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente:	Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.
Lavoro:	Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo

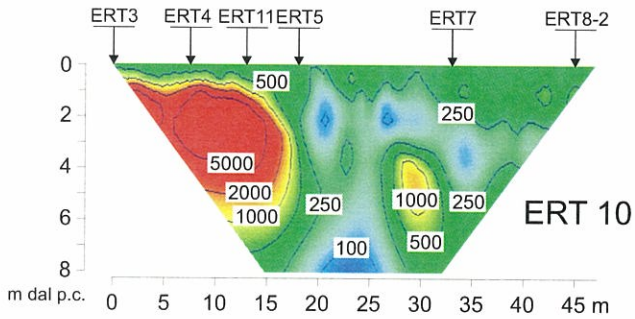
GEOSERVICE

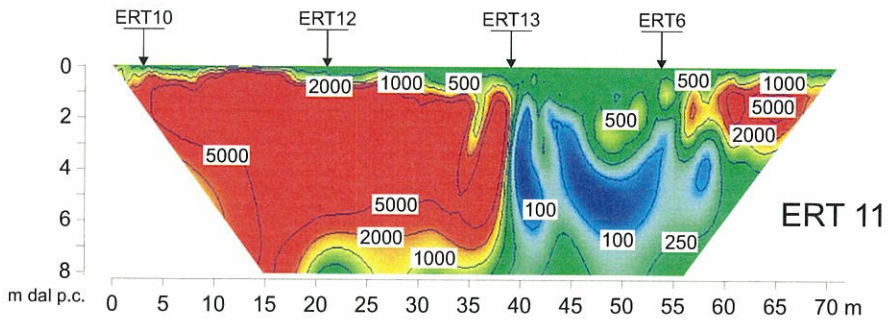
COMMESSA	TIPO	DOC.	REV.

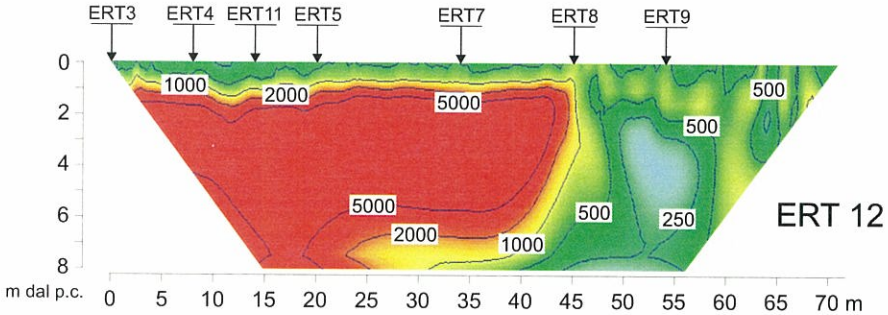
Elaborato:

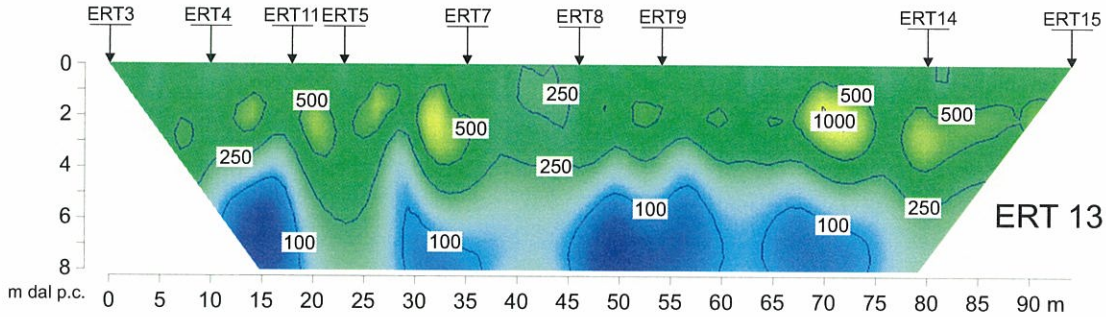
SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE

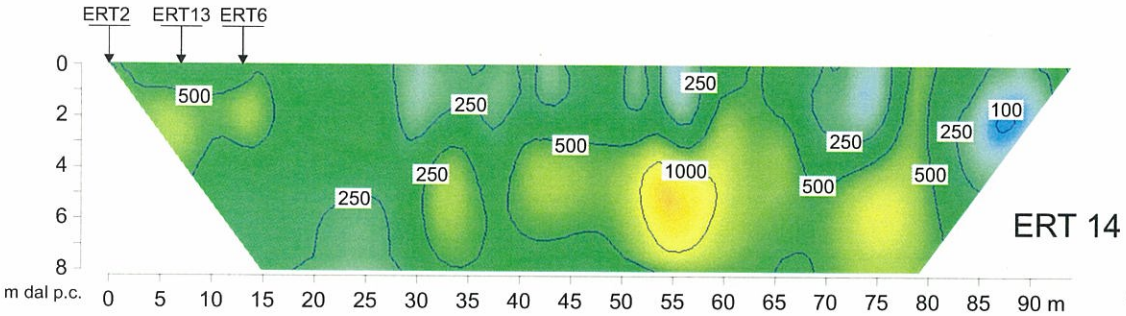
File: Seveso | Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500 | n° Elab.: TAV. N.3C

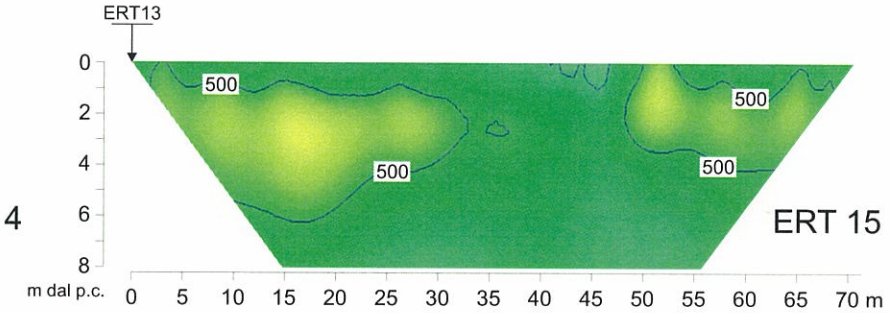












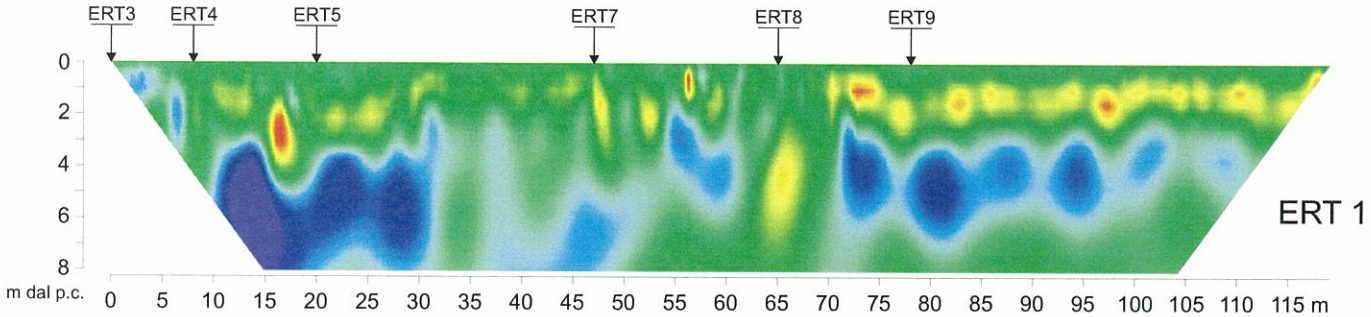
LEGENDA:

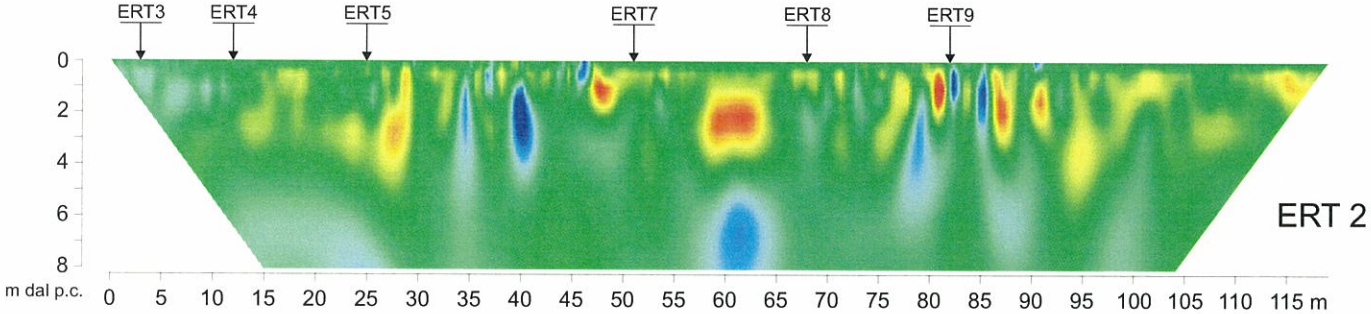
50 — Valori di Resistività in Ohm*m

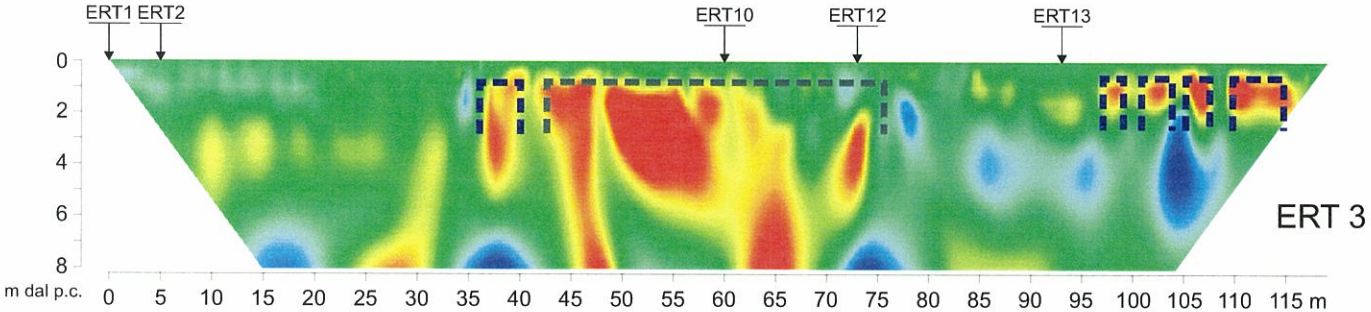
ERT2 — Incrocio con altra linea tomografia elettrica

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA / TIPO / DOC. / REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE
File: Seveso	Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500 — n° Elab.: TAV. N.3D







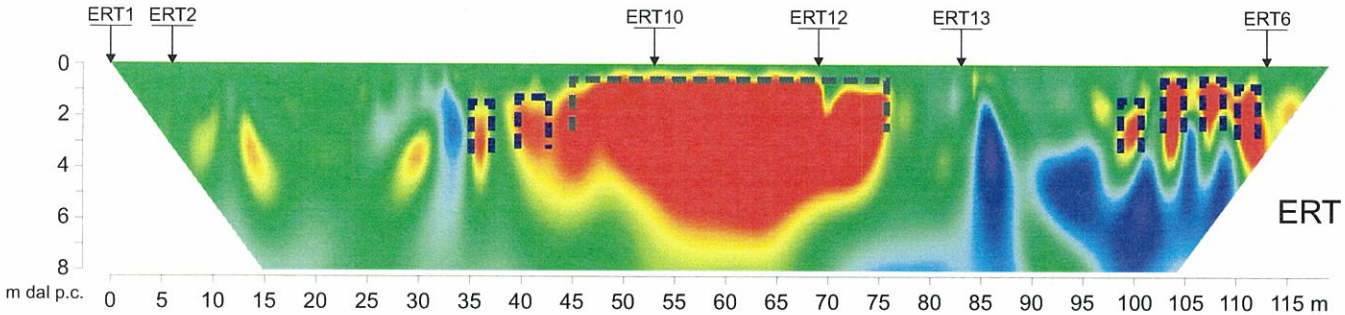
LEGENDA:

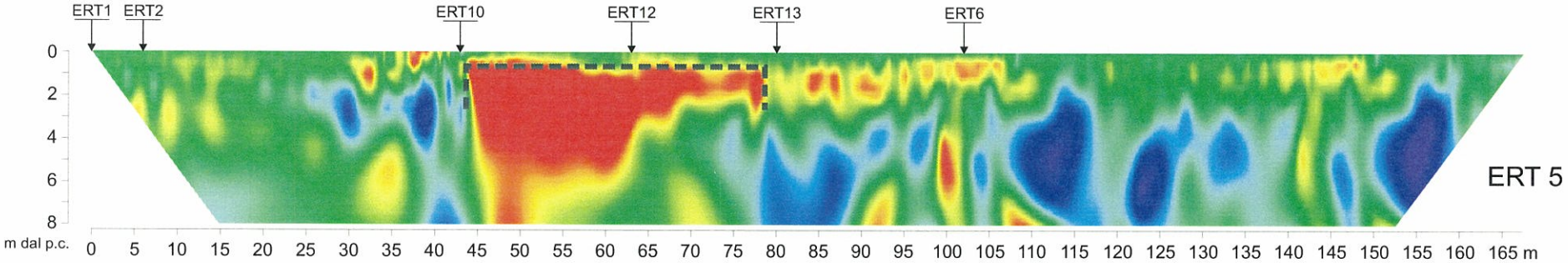
Anomalia elettrica di tipo A

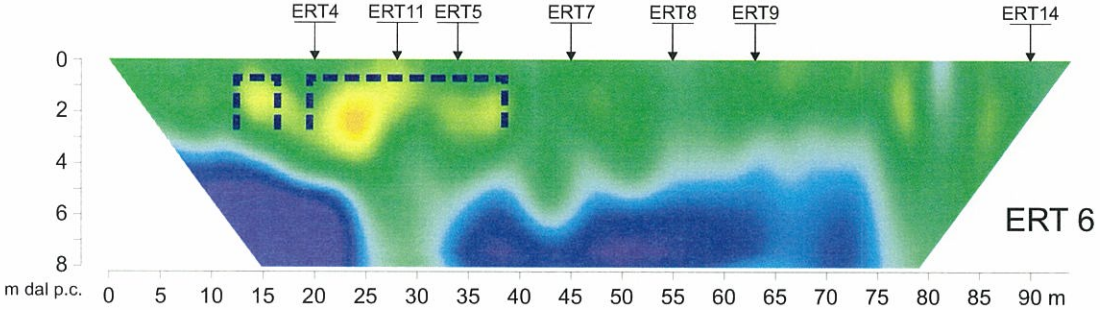
Anomalia elettrica di tipo B

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA / TIPO / DOC. / REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE
File: Seveso	**Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500** — n° Elab.: **TAV. N.4A**







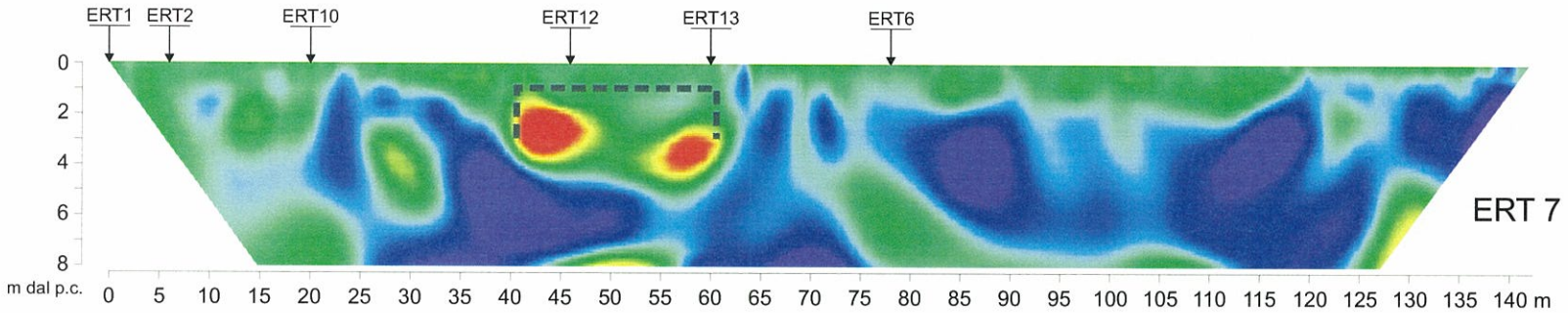
LEGENDA:

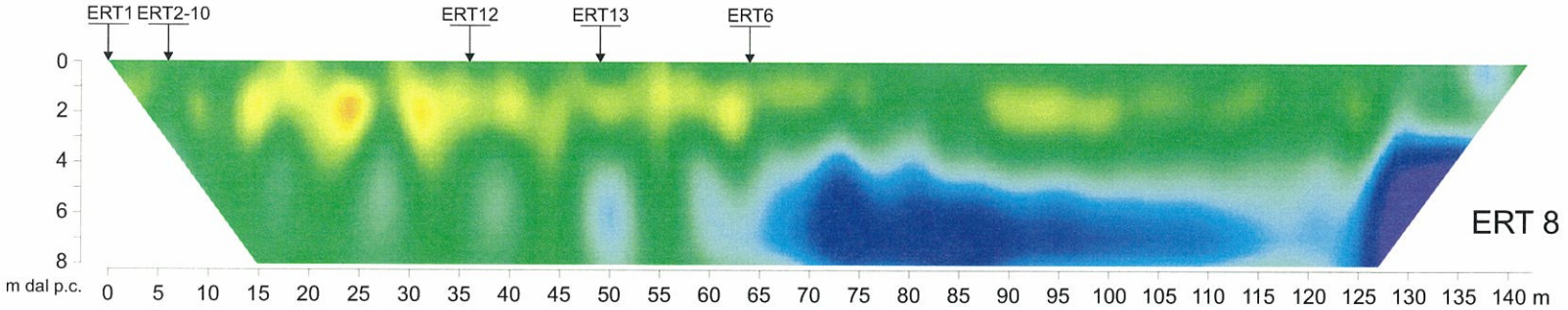
Anomalia elettrica di tipo A

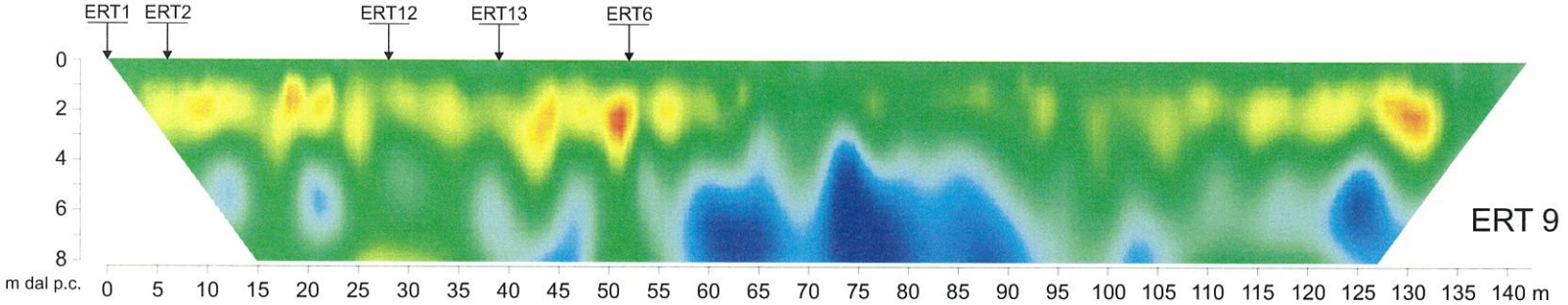
Anomalia elettrica di tipo B

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA TIPO DOC. REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE
File: Seveso	Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500 — n° Elab.: TAV. N.4B







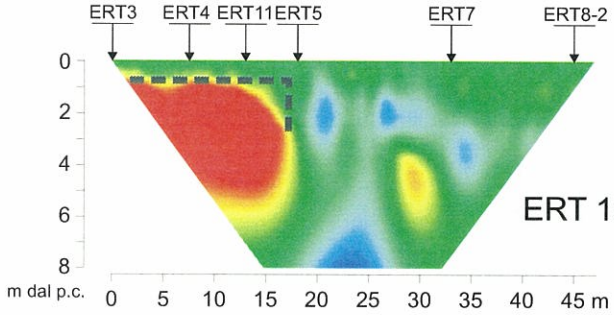
LEGENDA:

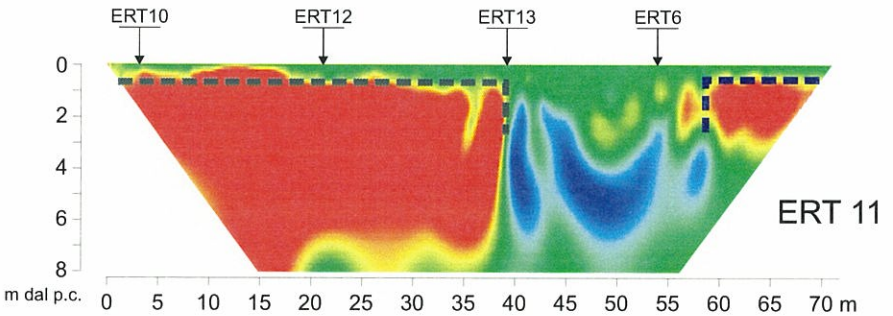
Anomalia elettrica di tipo A

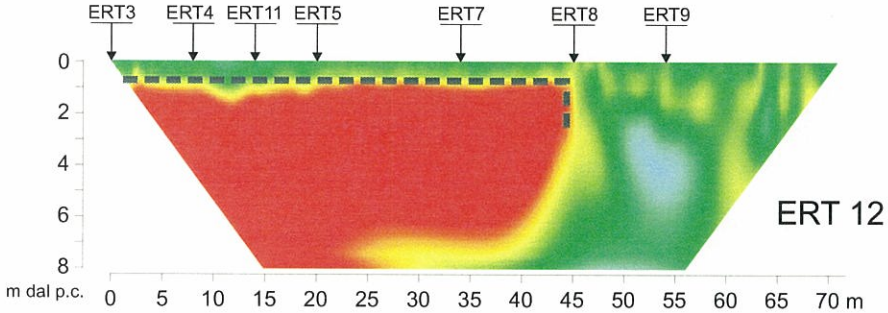
Anomalia elettrica di tipo B

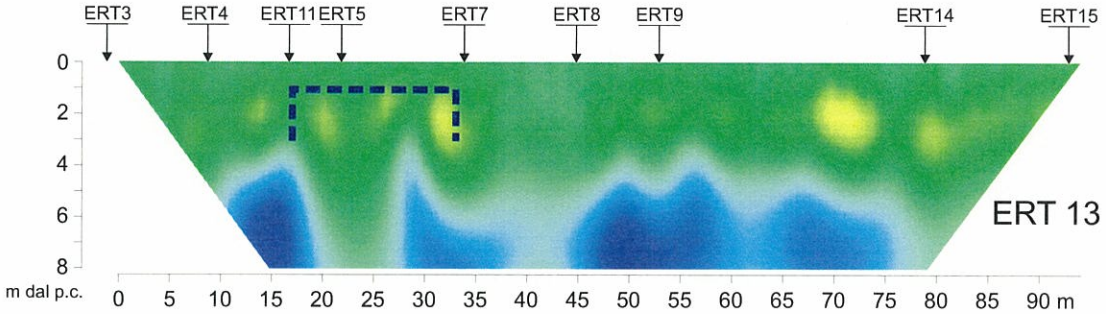
[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

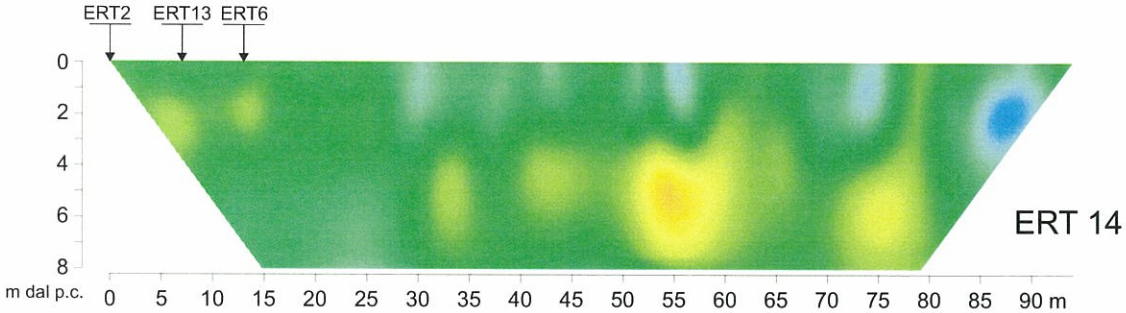
Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA / TIPO / DOC. / REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE
File: Seveso	**Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500** — n° Elab.: **TAV. N.4C**

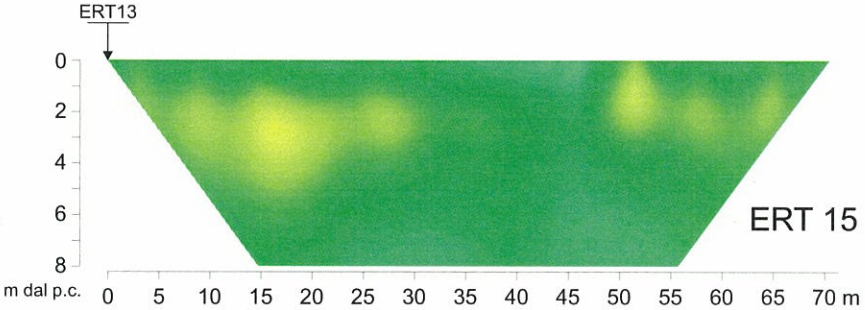












LEGENDA:

Anomalia elettrica di tipo A

Anomalia elettrica di tipo B

[Resistivity] 30. 94.9 300. 948.7 3000. [Ohm*m]

Committente: Autostrada Pedemontana Lombarda S.p.A.	GEOSERVICE
Lavoro: Indagini geofisiche per il rilievo di strutture antropiche interrate nel territorio del Comune di Meda - collegamento Autostradale Dalmine-Como-Varese-Valico del Giaggiolo	
COMMESSA / TIPO / DOC. / REV.	**Elaborato:** SEZIONI ELETTROSTRATIGRAFICHE INTERPRETATE
File: Seveso	**Scala vert.: 1:200 orizz.:1:500** — n° Elab.: **TAV. N.4D**