






# KAUFHAUS BOZEN

## DAS INFRASTRUKTURPROJEKT IL PROGETTO INFRASTRUTTURALE

### Geologischer Bericht Relazione geologica

W:\2013\13-105 Kaufhaus Bozen\K04\_VP\02\_Infra\01\_Cad\Titelblätter\B C 00 - KHBZ - COPERTINA Geologie.dwg

Bearbeitet-Elaborato: .	Maßstab-Scala	Nr.	<b>B.b.08</b>
Datum-Data: LUGLIO 2014	-	Einlage-Nr.	-
Änderungen-Varianti		Datum-Data	bear. / rev.
a -		-	-
b -		-	-
c -		-	-
d -		-	-
Bauherr/Committente:  KHB Kaufhaus Bozen GmbH Eine Gesellschaft der SIGNA Gruppe.			
General Contractor - Projektmanagement:  ICM Italia General Contractor Srl			
Planungsteam/Team di Progettazione:  Geologia e Ambiente Geologie und Umweltschutz			

dott. Michele Nobile  
dott. Lorenzo Cadrobbi  
dott. Stefano Paternoster  
dott. Claudio Valle

Comm./Auftrag.: ICM – Italia General Contractor S.r.l.

PROGETTAZIONE DI UN CENTRO COMMERCIALE IN  
ZONA STAZIONE A BOLZANO  
ENTWURF EINES EINKAUFZENTRUMS IM  
BAHNHOFSBEREICH IN DER GEMEINDE BOZEN

**RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE**

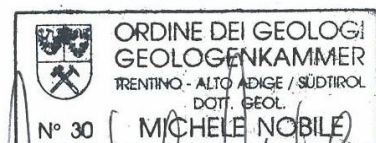
di caratterizzazione e modellazione geologica del sito

**GEOLOGISCHER VORBERICHT**

für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

**INTEGRAZIONE/INTEGRATION**

rel. 1637/2/14



MF-MN/agosto 2014

Geologia e Ambiente – Geologie und Umweltschutz – 39100 BOLZANO/BOZEN – VIA KRAVOGI, 18

Tel. 0471/202125 – Fax 0471/051037 – P.IVA 01370340216

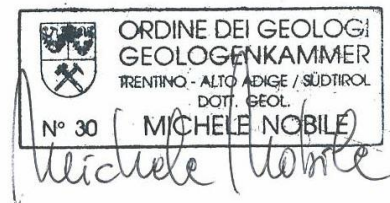
ICM – Italia General Contractor S.r.l.

PROGETTAZIONE DI UN CENTRO COMMERCIALE IN  
ZONA STAZIONE A BOLZANO  
ENTWURF EINES EINKAUFZENTRUMS IM  
BAHNHOFSBEREICH IN DER GEMEINDE BOZEN

**INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE**

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito

IL GEOLOGO



COMMITTENTE: ICM – Italia General Contractor S.r.l.

## SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	4
2.	VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA.....	6
3.	INDAGINI .....	9
3.1	INDAGINI CONSULTATE.....	9
3.1	INDAGINI ESEGUITE.....	9
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO .....	11
5.	IDROGEOLOGIA .....	13
6.	INCERTEZZE NEL MODELLO STRATIGRAFICO RICOSTRUITO .....	17
7.	VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI .....	17
8.	GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO .....	19
9.	ANALISI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE CONNESSE CON PROGETTI DI NUOVE EDIFICAZIONI .....	20
10.	PARAMETRAZIONE E MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE.....	20
10.1	PREMESSA .....	20
10.2	PROVE SPT .....	20
10.3	CORRELAZIONI UTILIZZATE .....	22
10.4	SCELTA DEL VALORE CARATTERISTICO .....	25
11.	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO .....	28
12.	CONCLUSIONI.....	29

## 1. PREMESSA

Su incarico e per conto del committente, Società ICM-Italia General Contractor S.r.l., viene di seguito redatta una relazione integrativa alla relazione geologica preliminare sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito per la valutazione della fattibilità e l'individuazione delle problematiche connesse con le opere di realizzazione di un centro commerciale in zona stazione a Bolzano. Il presente studio fa quindi espressamente riferimento allo studio redatto nell'Ottobre 2013<sup>1</sup>, al quale si rimanda per eventuali approfondimenti. Tale studio era basato su informazioni ricavate da indagini e studi pregressi, realizzati in siti limitrofi nel recente passato. A seguito di un indagine stratigrafica mediante un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, eseguito nel giugno 2014 dalla società Imprefond srl, viene eseguito il presente studio che riprende ed amplia i contenuti della precedente relazione, alla luce dei riscontri dell'indagine eseguita.

Questo studio definisce, quindi, i lineamenti geomorfologici della zona nonché i processi morfologici e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità ed illustra lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

La relazione viene stata redatta, in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 14/1/2008 "*Testo Unico - Nuove Norme Tecniche Per le Costruzioni*" ed anche dal D.M. 11/3/88, emanato in attuazione dell'art.1 della Legge n.64 del 2 febbraio 1974.

---

<sup>1</sup> *Geologia e Ambiente Studio Associato - Relazione geologica preliminare per la progettazione di un centro commerciale in zona stazione a Bolzano - rel 1673/1/13 ottobre 2013*



Figura 1a – Ubicazione del sito nell'ambito cittadino (da carta topografica "Tabacco" )



Figura 1b – Ubicazione del sito (estratto Orto foto – Comune di Bolzano)

## 2. VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA

Dal punto di vista geologico il sito non è interessato da fenomeni geomorfologici attivi, né risulta interessato da alcun vincolo di natura geologica (figura 2a- 2b). Alla luce del modello geologico di riferimento che verrà descritto nei capitoli seguenti, limitatamente all'area oggetto di intervento, non si osservano processi morfogenetici, in atto o quiescenti, e non si rilevano condizioni di rischio geologico per le opere, derivanti da condizioni di pericolosità idrogeologica alta o media, attualmente gravanti sull'area. Gli elementi di vulnerabilità e criticità dovuti all'interazione terreno/struttura, riguarderanno quindi aspetti di carattere geotecnico ed ideologico, legati all'oscillazione della falda sottostante l'area.

In ogni caso, per la necessaria modifica al P.U.C., come previsto dalle normative vigenti sarà necessario redigere un'apposita relazione geologica, ai sensi dell'Art.10 del D.P.G.P. n.42 dello 05/08/2008, che analizzi e verifichi le pericolosità geologiche, idrauliche e valanghine gravanti sull'area.

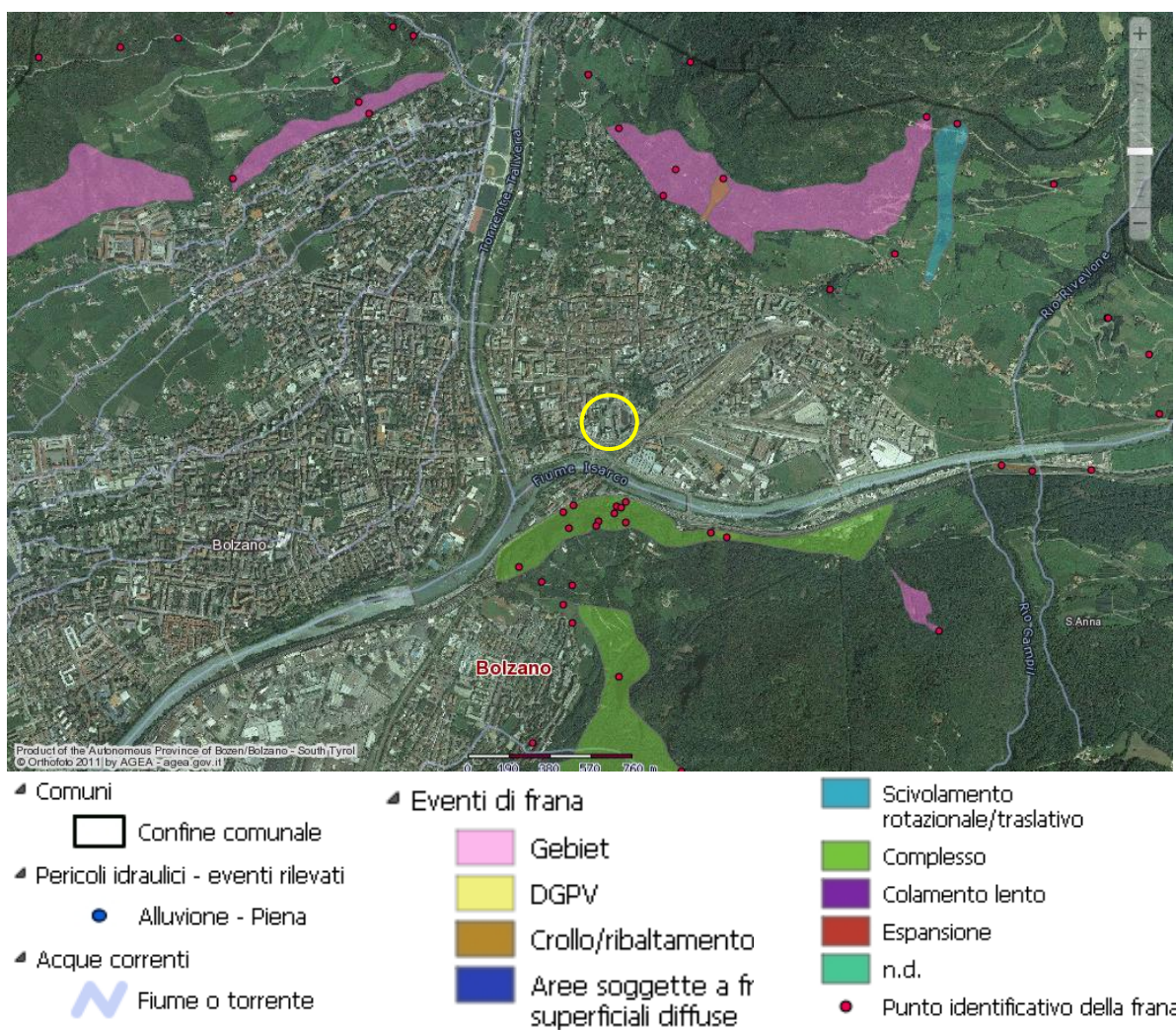


Figura 2a – Estratto della carta del rischio (Fonte: Hazard Browser-P.A. Bolzano)

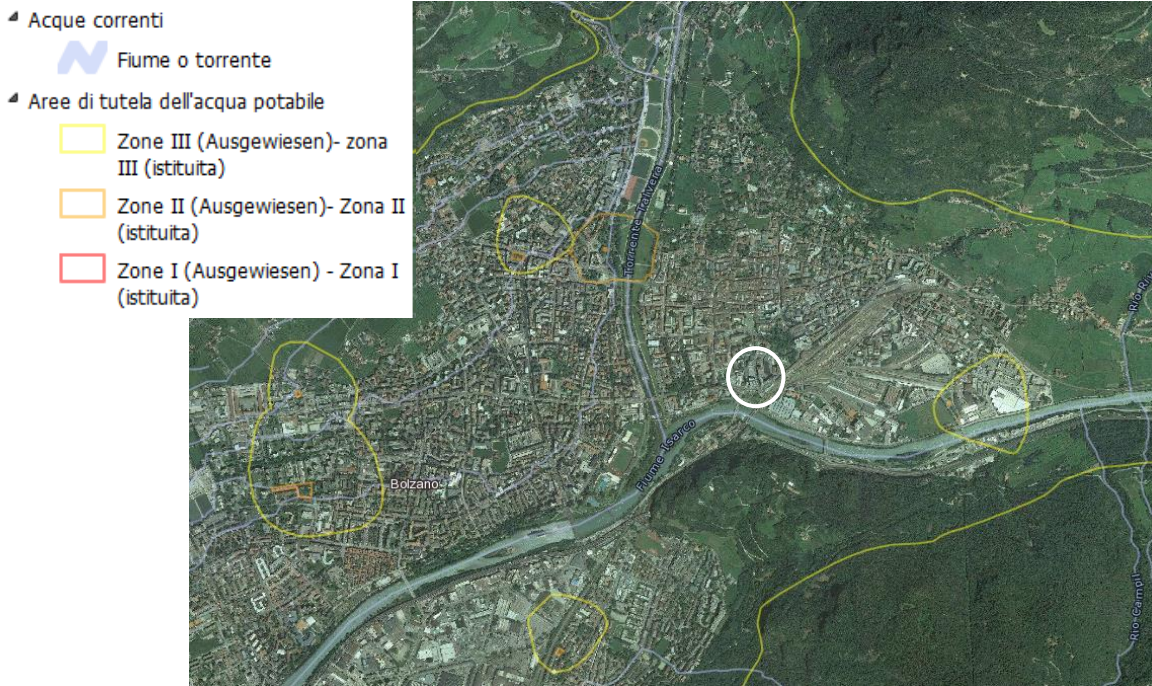


Figura 2b – Zona di tutela delle acque potabili (Fonte: GeoBrowser-P.A. Bolzano)

Facendo riferimento al Geobrowser della Provincia Autonoma di Bolzano, di cui si riporta un estratto in figura 2b, si osserva come l'area, così come tutta la città, interessi una zona di tutela III (Tutela della falda acquifera di Bolzano ed istituzione della zona di rispetto ai sensi della Legge Provinciale 06/09/1973 n. 63). Gran parte della falda acquifera di Bolzano, con Deliberazione della G. P. del 17.10.1983 nr. 5922, è stata posta sotto protezione e sono stati posti dei vincoli nella realizzazione degli scavi nelle varie aree. La nostra area rientra nella zona C (figura 2c) nella quale valgono le seguenti limitazioni:

### Scavi in zona C

*Per la zona C, il vincolo di tutela 4.2 i) così recita: "E' vietato lo sfruttamento dei materiali alluvionali di fondovalle mediante cave. Gli scavi per altri scopi sono soggetti all'autorizzazione dell'Ufficio Gestione Risorse Idriche se intaccano la falda sotterranea o comunque ne riducono la copertura a meno di 1 m dal livello massimo della falda acquifera; in tutti gli altri casi sono permessi".*



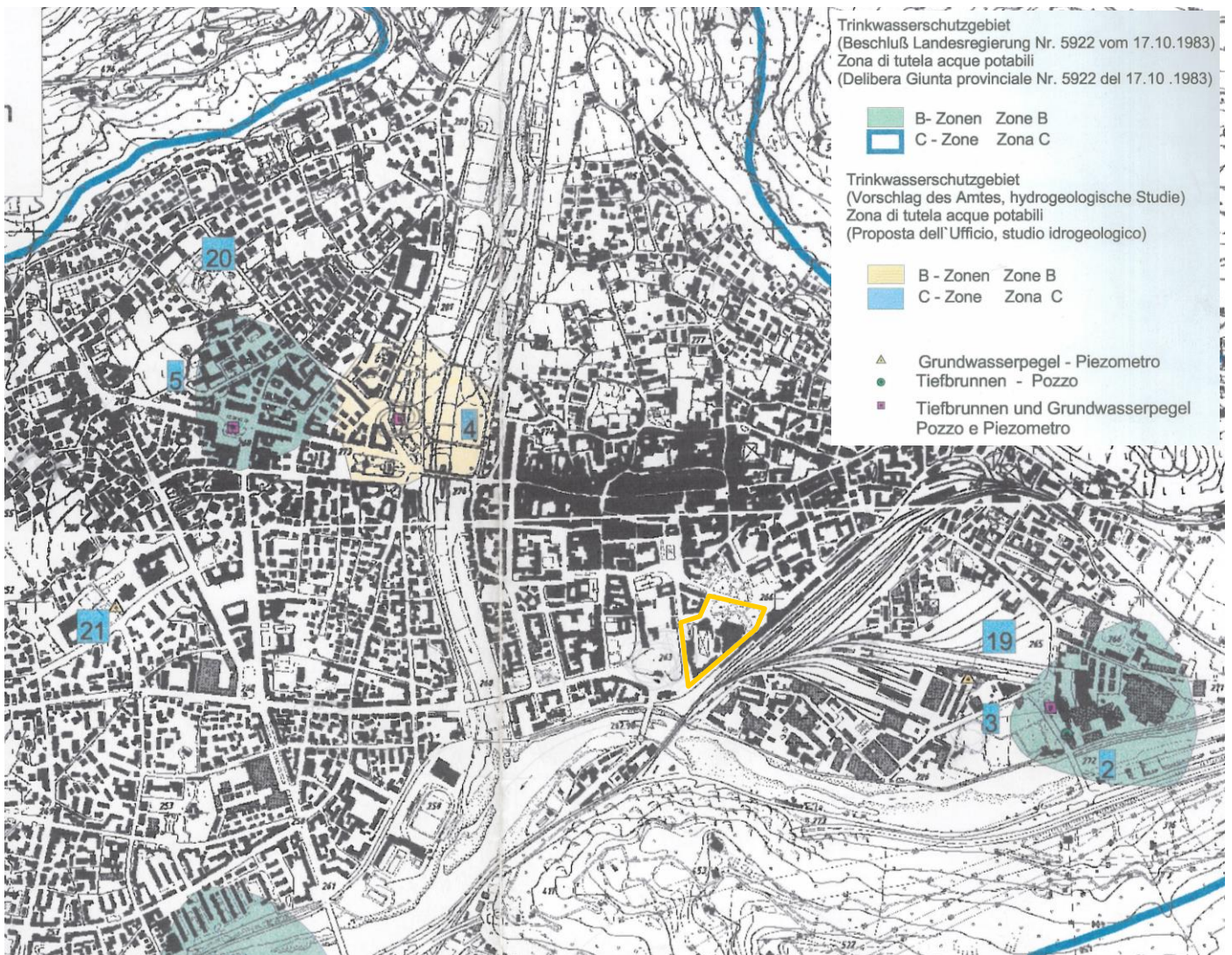


Figura 2c: estratto dalla Carta delle zone di tutela acque e dei punti di osservazione della falda

### 3. INDAGINI

#### 3.1 INDAGINI CONSULTATE

Per la redazione del presente studio si fa riferimento anche ad una serie di indagini geognostiche effettuate dagli scriventi in aree adiacenti a quella in esame nel corso degli anni passati, l'ubicazione delle quali è riportata in figura 3.

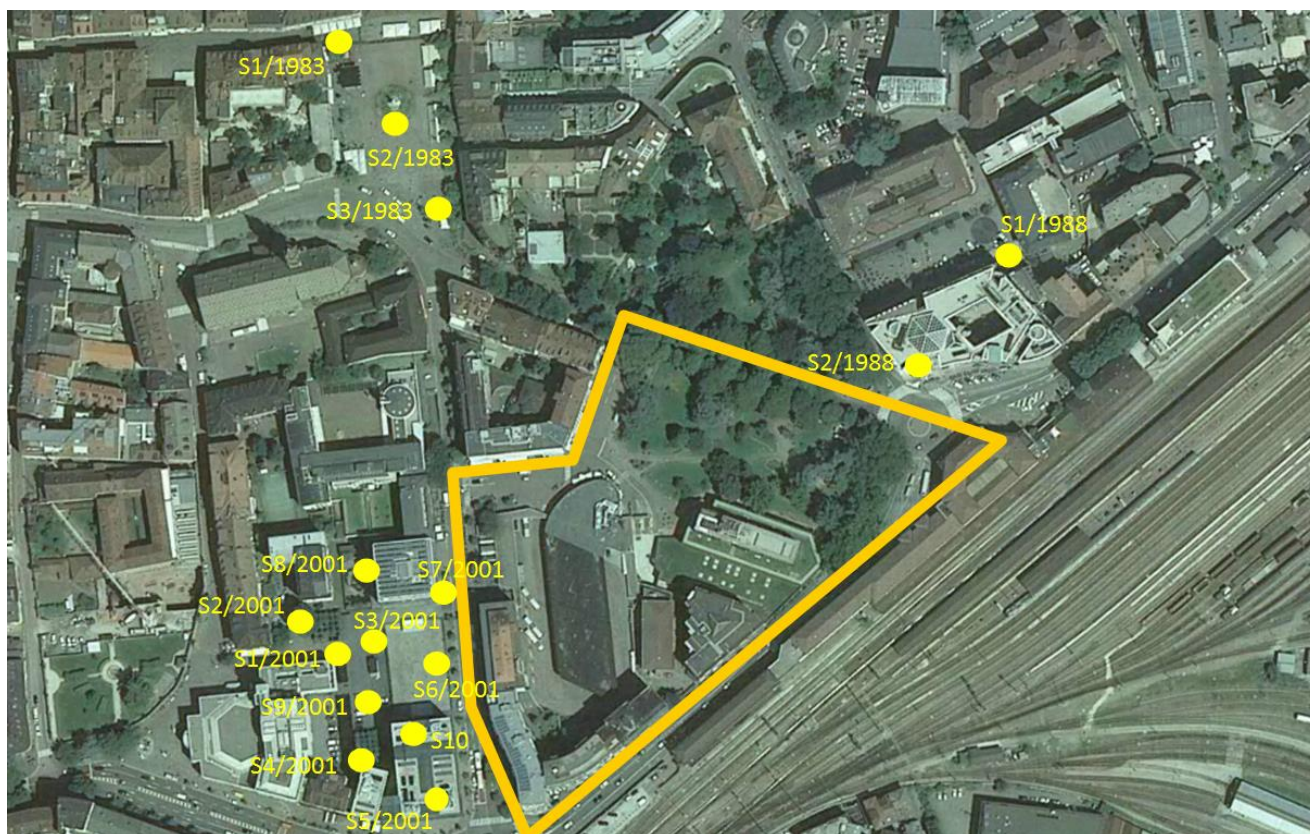


Figura 3 – Ubicazione sondaggi eseguiti nei dintorni dell'area di studio.

In appendice al presente documento viene riportato il fascicolo con i risultati delle indagini eseguite.

#### 3.1 INDAGINI ESEGUITE

In data giugno 2014 sono state seguite le seguenti attività d'indagine:

- N°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a 25 metri dal p.c.(S1<sub>2014</sub>).
- Esecuzione di 13 prove SPT a fondo foro
- Posa in opera di piezometro per il controllo del livello di falda



**Figura 4** – Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite (giugno 2014)

#### 4.2.1 SINTESI DEI RISULTATI

Le indagini hanno messo in evidenza una situazione stratigrafica caratterizzata prevalentemente da uno strato superficiale di terreni granulari rimaneggiati e riporti antropici (Unità R) che si sovrappone ai terreni più grossolani depositati dalle alluvionali dei conoidi del Talvera e dell'Isarco (Unità litostratigrafiche A e B).

Al di sotto del livello rimaneggiato superficiale è presente un livello (Unità A) costituito da ghiaie e sabbie grossolane, con trovanti, appartenenti al ciclo deposizionale del Sistema Talvera – Isarco. All'interno di tale livello, tra 11.30 e 12.10 il sondaggio ha evidenziato la presenza di sabbie medie, correlabili con un livello sabbioso – limoso individuato dalle indagini esistenti per le aree limitrofe (Unità B).

**Sondaggio - S1**

PROFONDITÀ MEDIA DA P.C.	UNITÀ STRATIGRAFICA	LITOLOGIA
0 – 4.20 m	UNITÀ R	Terreni granulari rimaneggiati e riporti antropici di natura ghiaioso sabbiosa e ciottolosa con limo color da nocciola a marrone
4.20m-25.0m	UNITÀ A	Ghiaia con sabbia di colore grigio, localmente debolmente limosa; clasti da subangolari a subarrotondati da centimetrici a pluricentimetrici e locali trovanti.
11.30m-12.10m	UNITÀ B	Sabbie, localmente limose

La falda idrica sotterranea principale è stata individuata, nel corso delle indagini alle seguenti profondità:

8 luglio 2014: falda a -19.60 metri dal p.c.

1 agosto 2014: falda a -19.50 metri dal p.c.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il sito in esame è ubicato nella conca di Bolzano, in un'area con superficie subpianeggiante, lievemente degradante in direzione sud ed ovest, in prossimità della zona distale del conoide deposto dal torrente Talvera. La conca di Bolzano geomorfologicamente individua la porzione di valle dell'Adige nella zona di confluenza con i torrenti Talvera ed Isarco e rappresenta un solco sovralluvionato, prodotto dall'escavazione fluviale e glaciale entro i litotipi appartenenti alla Piattaforma Porfirica Atesina (figura 5).

Da un punto di vista geologico la conca di Bolzano è ubicata interamente all'interno del "*Complesso vulcanico atesino*", formatosi durante il Permiano e costituito da una successione di potenti ed estesi banchi ignimbrici intercalati talora da arenarie, conglomerati, tufiti, e brecce. Questi materiali litoidi sono visibili in estesi affioramenti lungo i versanti delle valli dell'Isarco e dell'Adige, anche se localmente possono apparire mascherati da coperture detritiche, da depositi colluviali o da materiali sciolti di origine glaciale.

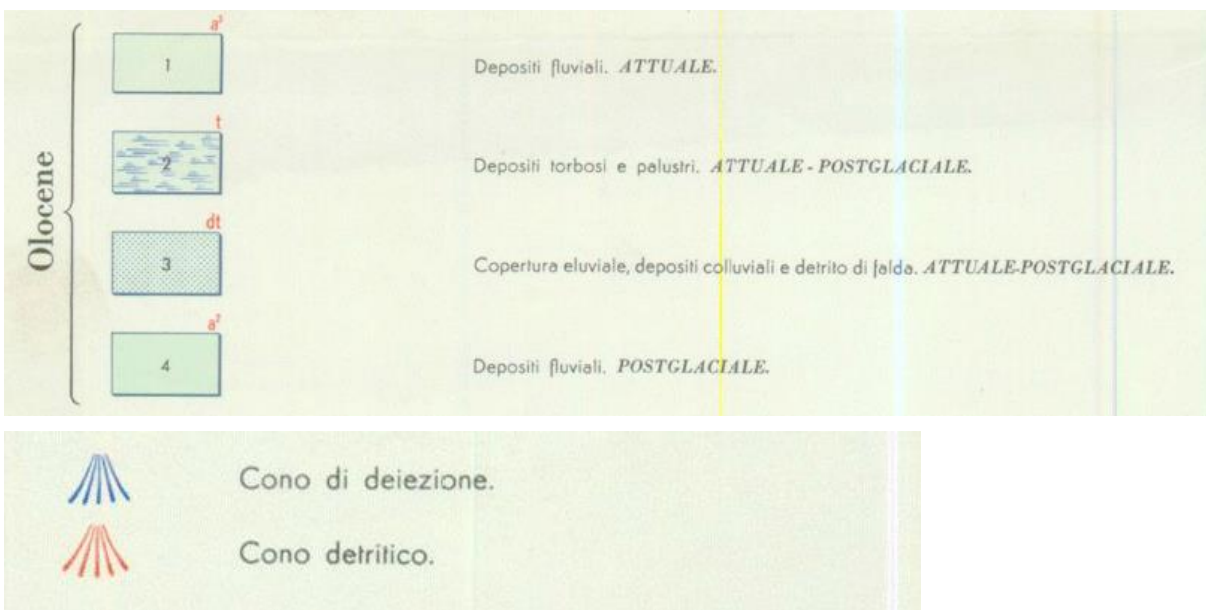
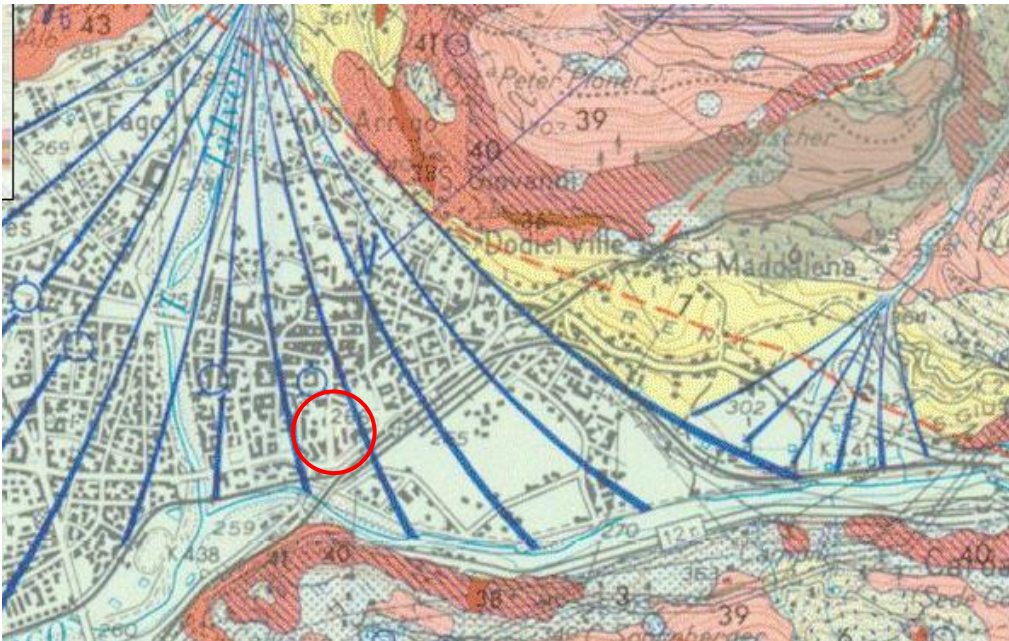


Figura 5 – Carta geologica di Bolzano - Estratto della carta geologica CARG Bolzano (1:50.000)

Al contrario, nel fondovalle, ove verranno realizzate le opere in esame, le rocce del complesso vulcanico risultano costantemente ricoperte da una spessa coltre di depositi alluvionali quaternari. La profondità del substrato roccioso nella zona di Bolzano è stata individuata, sulla base di un'indagine sismica a riflessione in una sezione prossima all'aeroporto, ad una profondità variabile tra i 500 ed i 600 m da piano campagna (SCHMID C. e GÄNSLER, 1993).

Nelle porzioni più superficiali questi depositi sono rappresentati da materiali alluvionali di fondovalle deposti in epoca quaternaria dal sistema fluviale Adige – Talvera – Isarco e da numerose conoidi di deiezione prodotte dai loro affluenti secondari, ubicate al piede dei versanti vallivi. In particolare il sito in esame ricade all'interno della zona di coalescenza degli apparati di conoide distali del torrente Talvera e del Fiume Isarco.

Nell'area in esame e nelle aree adiacenti non sono stati segnalati processi morfodinamici attivi o quiescenti.

## 5. IDROGEOLOGIA

La conca di Bolzano è caratterizzata, da un punto di vista idrogeologico, da un monoacquifero a falda libera, alimentato principalmente dalle perdite di subalveo del fiume Isarco e del torrente Talvera, che risultano pensili rispetto alla falda.

In questo tratto cittadino la falda si rinviene normalmente a profondità di oltre 15 m dal p.c. e, dal punto di vista storico, l'escursione del livello di falda tra periodi di magra (generalmente mesi di febbraio-marzo) e quelli di massima (luglio e agosto) arriva fino a circa 6 m.

Nelle vicinanze dell'area sono presenti alcuni piezometri monitorati dal Comune di Bolzano i cui dati ci sono stati forniti *dall'Ufficio Geologia del Comune*. Di seguito vengono riportati i grafici dei **piezometri B038** posto in via Marconi e **B005** sito in zona stazione, che confermano tali valutazioni (figure 6 e 7).

Dall'analisi delle figure citate emerge come nel periodo coperto dal monitoraggio (ottobre 2008÷luglio 2013) la falda abbia oscillato tra le quote assolute di circa 238,5 e 247,5 nel piezometro di via Marconi, ad W dell'area in esame, mentre nel piezometro "Ferrovia", posto ad E del sito in oggetto, l'oscillazione abbia riguardato l'intervallo tra circa 239,5 e 249,5.

L'area oggetto del presente studio si colloca in posizione intermedia tra i due piezometri, in un'area in cui in base a studi pregressi<sup>2</sup> l'andamento delle falde risulta essere E-W (figura 8), per cui è ragionevole ipotizzare, nello stesso periodo, un'oscillazione analoga pari a circa 6 metri. I piezometri vicini mostrano una costante tendenza in risalita del livello massimo di circa 2 m in 5 anni.

---

<sup>2</sup> DI MOLFETTA A. – BORTOLAMI G. (1993): "Simulazione del sistema acquifero della conca di Bolzano mediante modello numerico alle differenze finite" – Rivista della Sezione Italiana Acque Sotterranee – IGEA n.2/1993

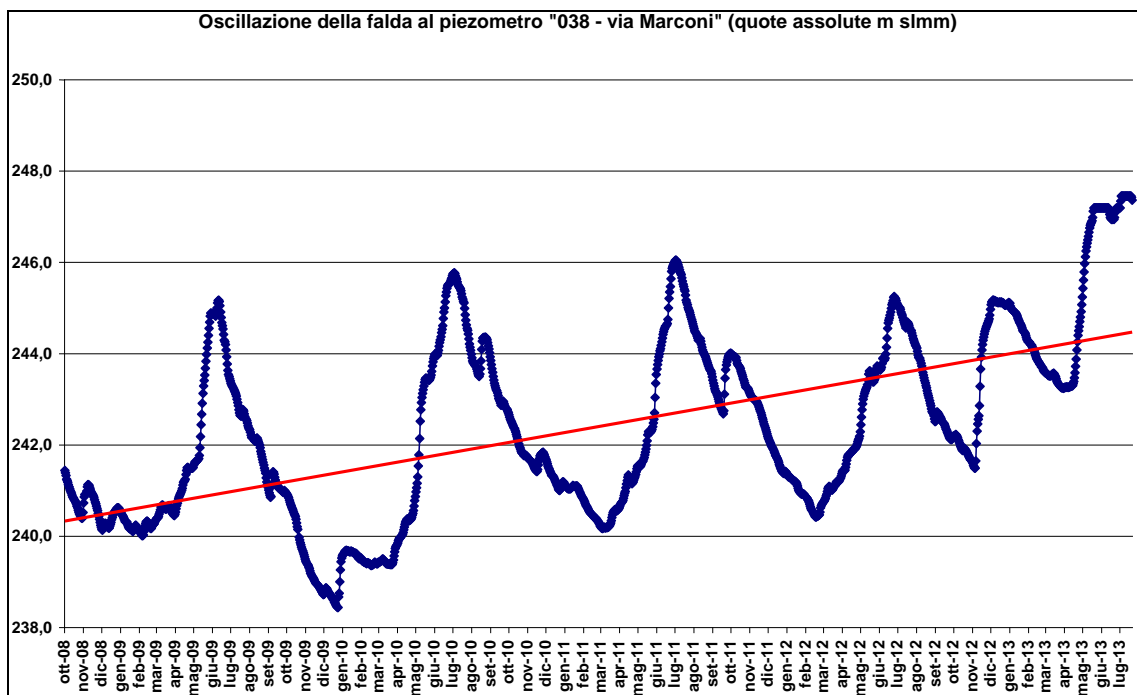


Figura 6 – Oscillazione della falda al piezometro di via Marconi (da 10/2008 allo 07/2013) – Grafico fornito dall'Ufficio Geologia del Comune di Bolzano

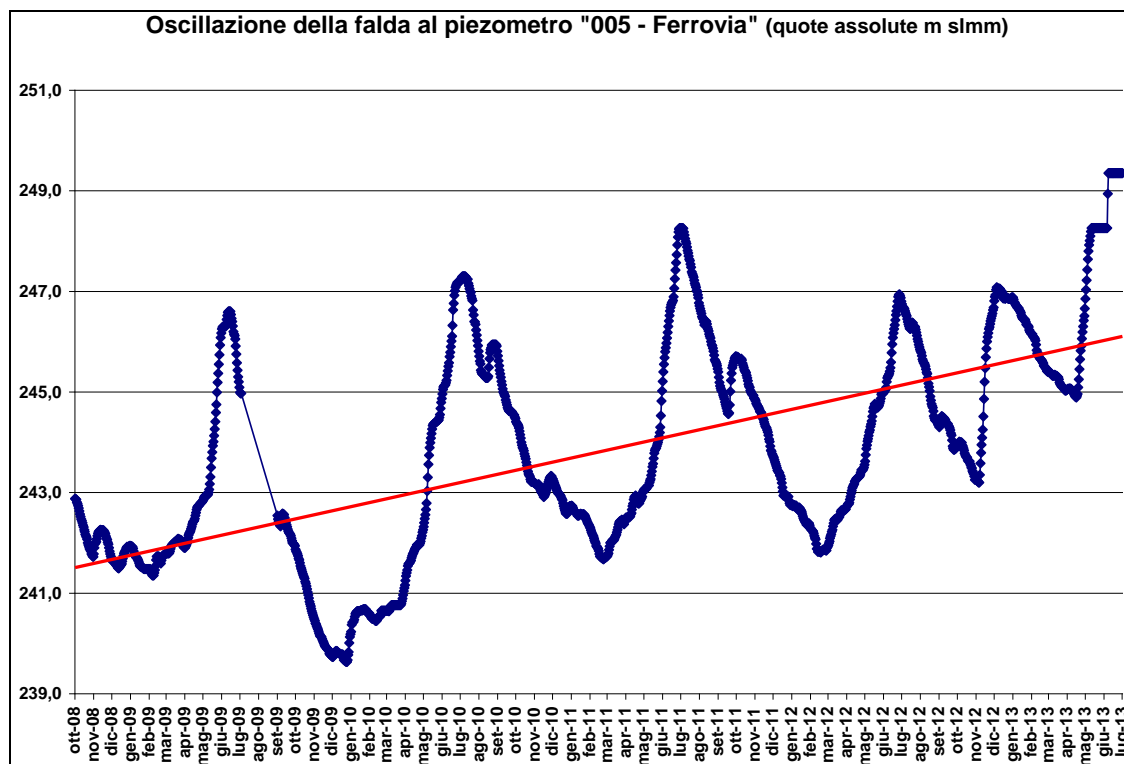
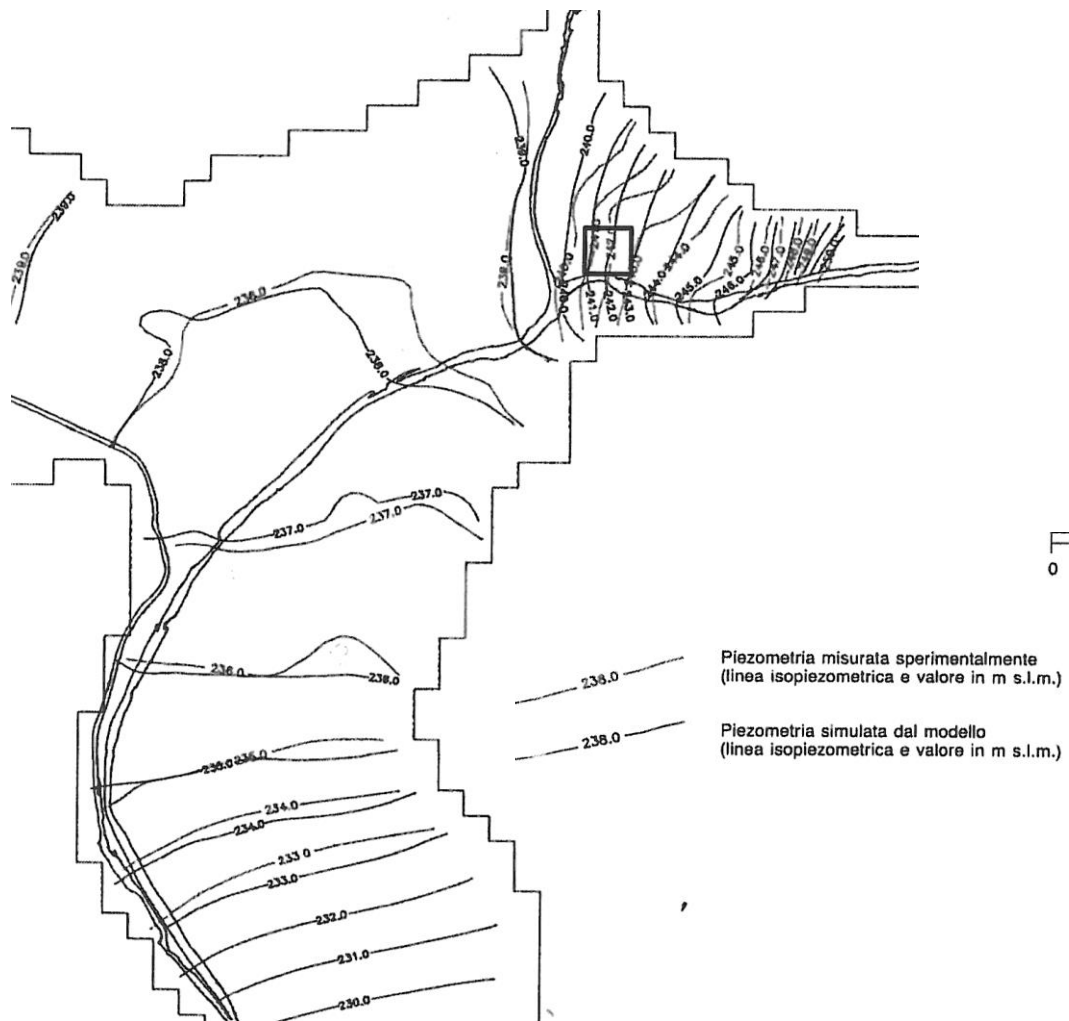


Figura 7 – Oscillazione della falda al piezometro Stazione (da 10/2008 allo 07/2013) – Grafico fornito dall'Ufficio Geologia del Comune di Bolzano



**Figura 8** – Ricostruzione della piezometria della falda con superficie libera, misurata nel luglio 1992 – Estratto da DI MOLFETTA e BORTOLAMI (1993)

Nei mesi di luglio-agosto 2014 la falda è stata misurata, nel piezometro eseguito nell'area di progetto, alle seguenti profondità:

8 luglio 2014: falda a -19.60 metri dal p.c. (corrispondente a circa 244 m slm)

1 agosto 2014: falda a -19.50 metri dal p.c. . (corrispondente a circa 245 m slm)

Considerate le consuete difficoltà di fare previsioni statistiche affidabili circa l'innalzamento della falda per il tempo relativo alla vita nominale dell'opera, in virtù di una serie storica di partenza costituita da una popolazione di dati assai minore, si può ragionevolmente far riferimento, come livello massimo della falda per il lotto in questione, a quanto fissato dal Comune di Bolzano che indica come "livello massimo della falda acquifera" quello massimo del 1997 (inizio agosto), così come estrapolabile dalla "Carta del livello massimo della falda acquifera di Bolzano nel luglio 1997" pubblicato dalla P.A.BZ – Uff. Gestione Risorse Idriche<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Dr. Rauter Willfried "Relazione sullo stato della falda freatica nella conca di Bolzano" – Ufficio Gestione Risorse Idriche



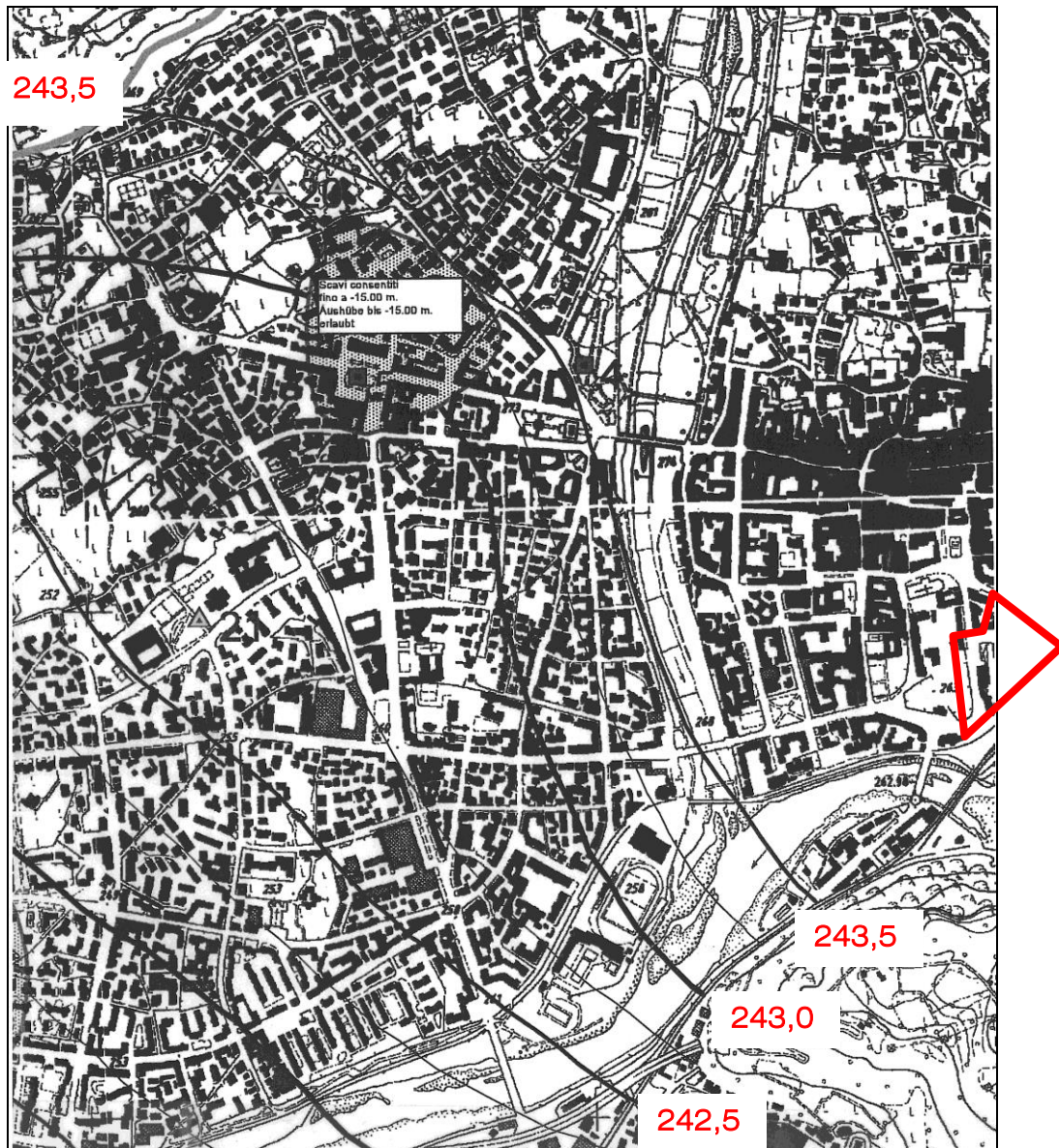


Figura 9 – Estratto dalla “Carta del livello massimo della falda di Bolzano nel luglio 1997”

Considerando quanto richiamato in precedenza, e la progressione delle isopieze risultanti dalla carta, tenendo conto anche del fisiologico aumento del gradiente idraulico che si ha procedendo verso monte, si può indicativamente stimare in 248 metri s.l.m. la quota massima della falda (dato puramente indicativo), anche in accordo con quanto monitorato dal vicino piezometro 038 di Via Marconi, che individua in poco meno di 248 metri sl.m. la quota massima decennale di morbida. Ad ogni modo il piezometro messo in opera servirà come punto di misura della falda in sito e fornirà ulteriori indicazioni sulla quota massima della falda di progetto.

## 6. INCERTEZZE NEL MODELLO STRATIGRAFICO RICOSTRUITO

La principale incertezza nel modello geologico assunto in progetto risiede in un limite oggettivo dato dalla variabilità di sedimentazione connessa con i depositi alluvionali, che talvolta comportano forti variazioni granulometriche anche a breve distanza. Potrebbero quindi sussistere incertezze locali, sulla distribuzione dei corpi geologici che comunque non inficiano la validità generale del modello, tenendo presente che comunque si rimane nel campo dei terreni granulari.

Incetrezze si hanno invece, in relazione alla tipologia dei terreni più superficiali, dovute alla forte antropizzazione dell'area, che ha apportato modifiche, anche sostanziali, all'area.

L'effettuazione di una specifica campagna di indagini geognostiche, da realizzare prima della fase definitiva del progetto, potrà fare ulteriore luce sulle incetrezze descritte.

## 7. VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI

Nella provincia Autonoma di Bolzano l'adozione dei criteri antisismici nella progettazione delle opere è demandata al *Decreto del Presidente della Provincia Autonoma di Bolzano n° 33 del 21 luglio 2009* – "Disposizioni per opere edili antisismiche." In esso si inserisce il Comune di Bolzano, al pari di tutti gli altri comuni altoatesini, in zona sismica 4.

### Categoria del sottosuolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si renderà necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (determinazione diretta delle  $V_{s,30}$ , ricavo del valore da prove S.P.T., etc.), come indicato nel § 7.11.3 delle NTC

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).

TABELLA 1 – Categoria dei suoli di fondazione

Nell'area, sulla base dell'indagine eseguita e dei dati bibliografici consultati, con specifico riferimento alla tabella 1 è ragionevole ipotizzare una categoria B a livello del terreno di fondazione.

### Condizioni topografiche

In considerazione del fatto che il sito è posto su un pendio con inclinazione media inferiore ai 15° si può adottare la seguente categoria topografica:

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

categoria topografica  $\mapsto$  T1

### PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI PER LE FONDAZIONI



Classe dell'edificio	III. Affollamento significativo...	Cu = 1.5
Vita nominale	(Opere provvisorie $\leq 10$ , Opere ordinarie $\geq 50$ , Grandi opere $\geq 100$ )	50
Interpolazione	Media ponderata	
<input type="button" value="Calcola"/>		

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,023	2,524	0,180
Danno (SLD)	75	0,029	2,493	0,210
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,058	2,650	0,367
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,070	2,747	0,401
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

**Calcolo dei coefficienti sismici**

Muri di sostegno
  Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
Cc* Coeff. funz. categoria	1,55	1,50	1,34	1,32
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,007	0,014	0,017
kv	0,003	0,003	0,007	0,008
Amax [m/s²]	0,275	0,340	0,682	0,821
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

## 8. GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO

Per la gestione delle terre e delle rocce da scavo nel territorio della *Provincia Autonoma di Bolzano* trova attuazione la *Deliberazione della Giunta Provinciale n. 189 del 26 gennaio 2009* - "Criteri per la classificazione di terre e rocce da scavo, anche di gallerie, come sottoprodotto". Nell'area in esame sono presenti sia depositi naturali che terreni di rimaneggiamento antropico e/o riporti. In merito alle attività di scavo, si osserva quanto segue:

- I. I terreni naturali non contaminati provenienti dallo scavo, potranno essere riutilizzati in sito o anche al di fuori del sito come sottoprodotti, nel rispetto dei contenuti e delle modalità indicate dalle normative vigenti e illustrate nella citata relazione.
- II. I materiali antropici di riporto ed eventuali materiali indesiderati che dovessero essere rinvenuti in fase di scavo (riporti antropici, rifiuti da demolizione, c/s, ceppaie, materiale ferroso, legnami, ecc..) dovranno venire gestiti separatamente, procedendo ad un loro corretto trattamento/smaltimento secondo le normative di settore.

In considerazione della forte pressione antropica gravante sull'area ed in base alla storia del sito, oltre alla possibilità di rinvenimento di terreni di rimaneggiamento antropico e/o di riporti deve essere considerata anche la possibile presenza di terreni contaminati, ancorchè in aree circoscritte.

## **9. ANALISI DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICHE CONNESSE CON PROGETTI DI NUOVE EDIFICAZIONI**

Dal punto di vista geologico – geotecnico gli aspetti che richiederanno maggiore attenzione riguarderanno le problematiche fondazionali delle nuove strutture, le modalità di esecuzione degli scavi e le problematiche idrauliche connesse alla possibile presenza della falda alle quote interessate dai progetti. Alla luce del modello geologico descritto ed illustrato in TAVOLA 1, e considerato che limitatamente all'area in esame non si osservano significativi processi morfogenetici in atto o quiescenti, non si rilevano condizioni di rischio geologico ad opere eseguite, derivanti da condizioni di pericolosità idrogeologica alta o media.

Gli elementi di vulnerabilità e criticità dovuti all'interazione terreno/struttura, da valutare in dettaglio in fase progettuale, riguarderanno quindi prevalentemente i seguenti aspetti di carattere tecnico:

- la stabilità dei fronti di scavo e l'adozione di eventuali opere provvisorie di sostegno;
- la gestione dei materiali di risulta delle attività di scavo (anche in relazione al possibile rinvenimento di aree contaminate, ancorché in aree circoscritte);
- la scelta ed il dimensionamento dell'apparato fondazionale;
- l'eventuale gestione delle acque meteoriche (invarianza idraulica);
- la valutazione degli aspetti sismici (D.P.P. n.33 del 21.07.2009).

## **10. PARAMETRAZIONE E MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE**

### **10.1 PREMESSA**

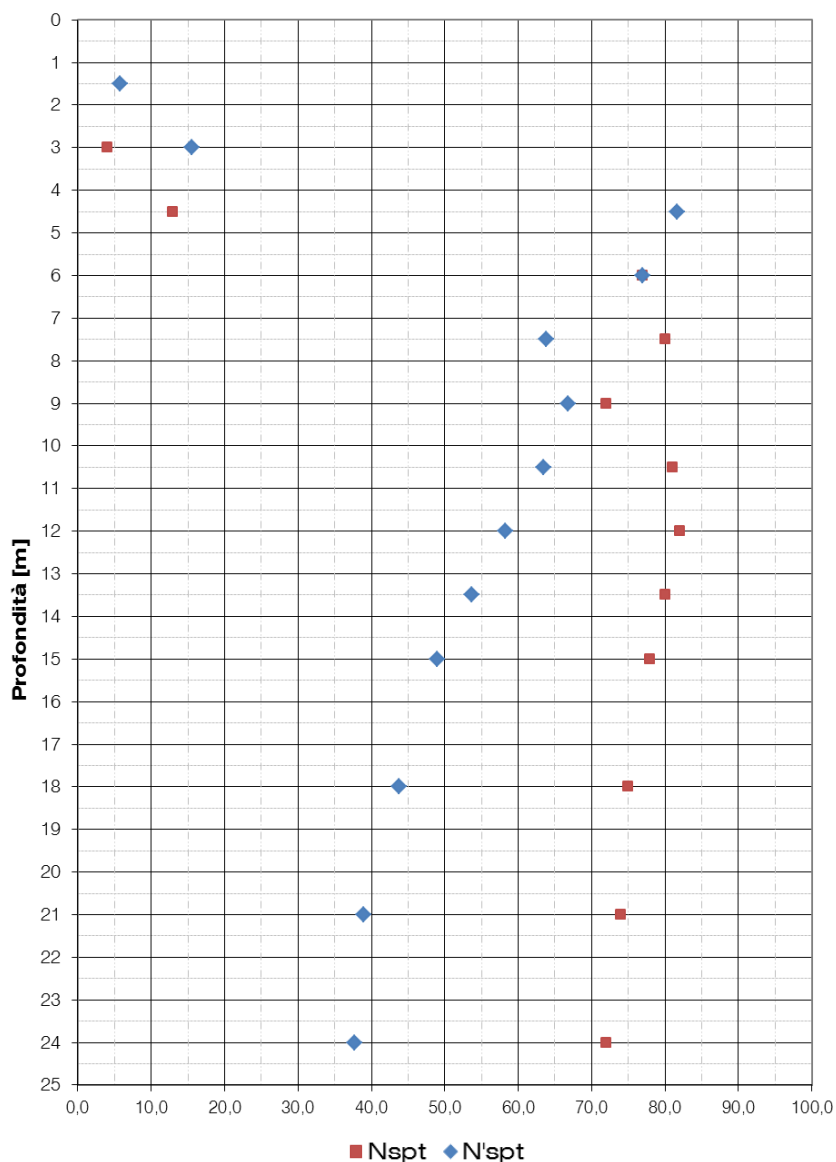
La parametrizzazione fisico - meccanica delle unità stratigrafico - geotecniche individuate viene basata sull'interpretazione delle prove SPT, condotte sull'area di sedime. La distinzione delle unità stratigrafiche riportate precedenza è assunta anche come distinzione in livelli geotecnici, per via dell'omogeneità dei materiali.

### **10.2 PROVE SPT**

Come si nota le prove sono state eseguite esclusivamente mediante infissione di punta chiusa, data la granulometria grossolana dei materiali. Esse hanno confermato la presenza di terreni più compressibili in superficie (riporti e terreni di rimaneggiamento), che obliterano la sequenza alluvionale costituita da terreni grossolani mediamente addensati, già riconosciuti dagli scriventi per l'area e per gli immediati intorno nell'ambito di altri lavori. Di seguito si riporta il grafico con l'andamento dei valori ottenuti.

Sondaggio	Profondità	Litologia	Valori di Nspt	Tipo di punta
S1 <sub>2014</sub>	1.50 m	Terreno di riporto	4	Chiusa
	3.00 m	Terreno di riporto	13	Chiusa
	4.50 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	77	Chiusa
	6.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	R	Chiusa
	7.50 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	72	Chiusa
	9.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	10.50 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	12.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	13.50 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	15.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	75	Chiusa
	18.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	21.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa
	24.00 m	Ghiaia con sabbia e ciottoli	Rifiuto	Chiusa

**VALORI DI NSPT**

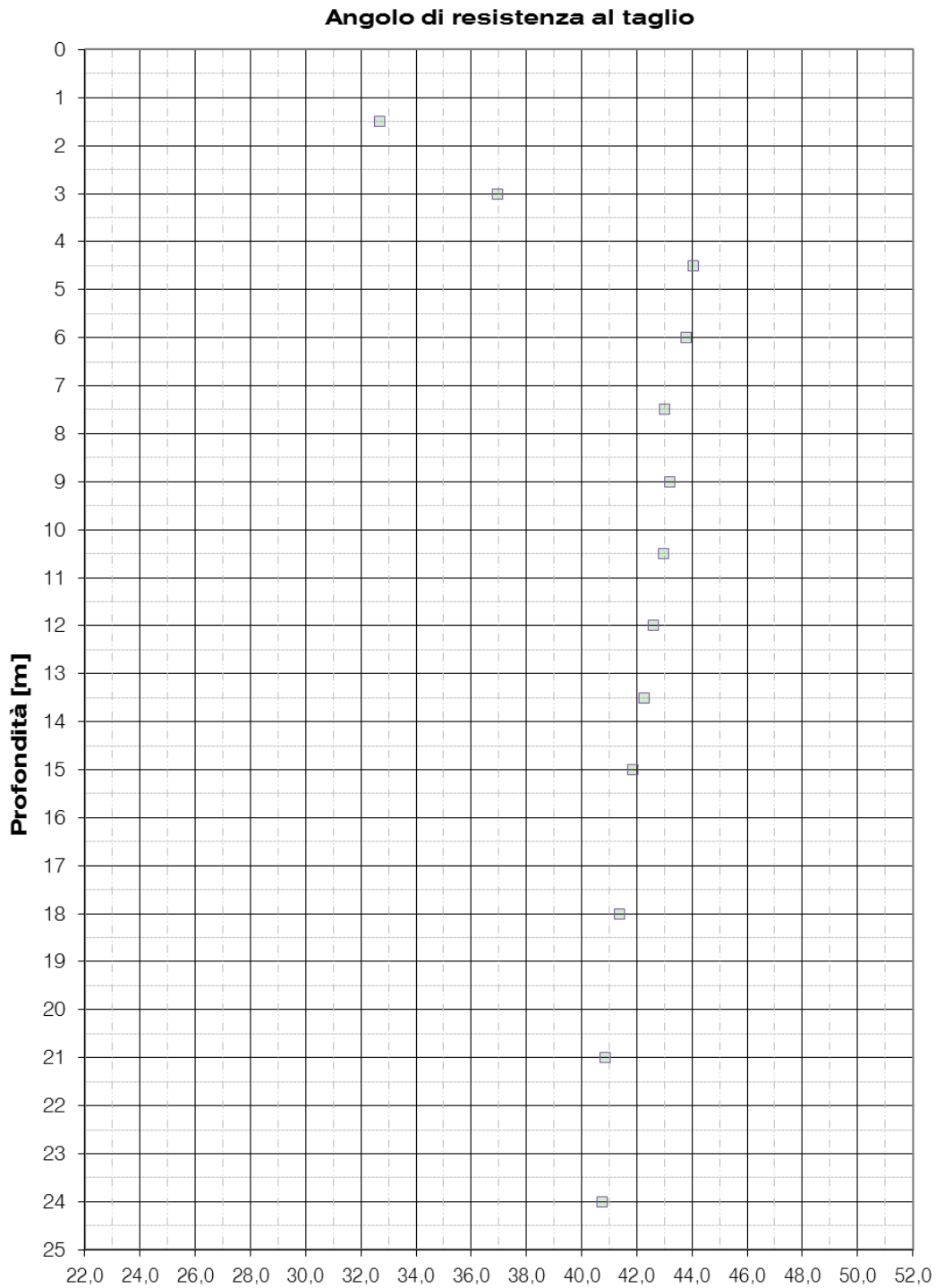


### 10.3 CORRELAZIONI UTILIZZATE

#### Angolo di resistenza al taglio $\Phi$ di picco

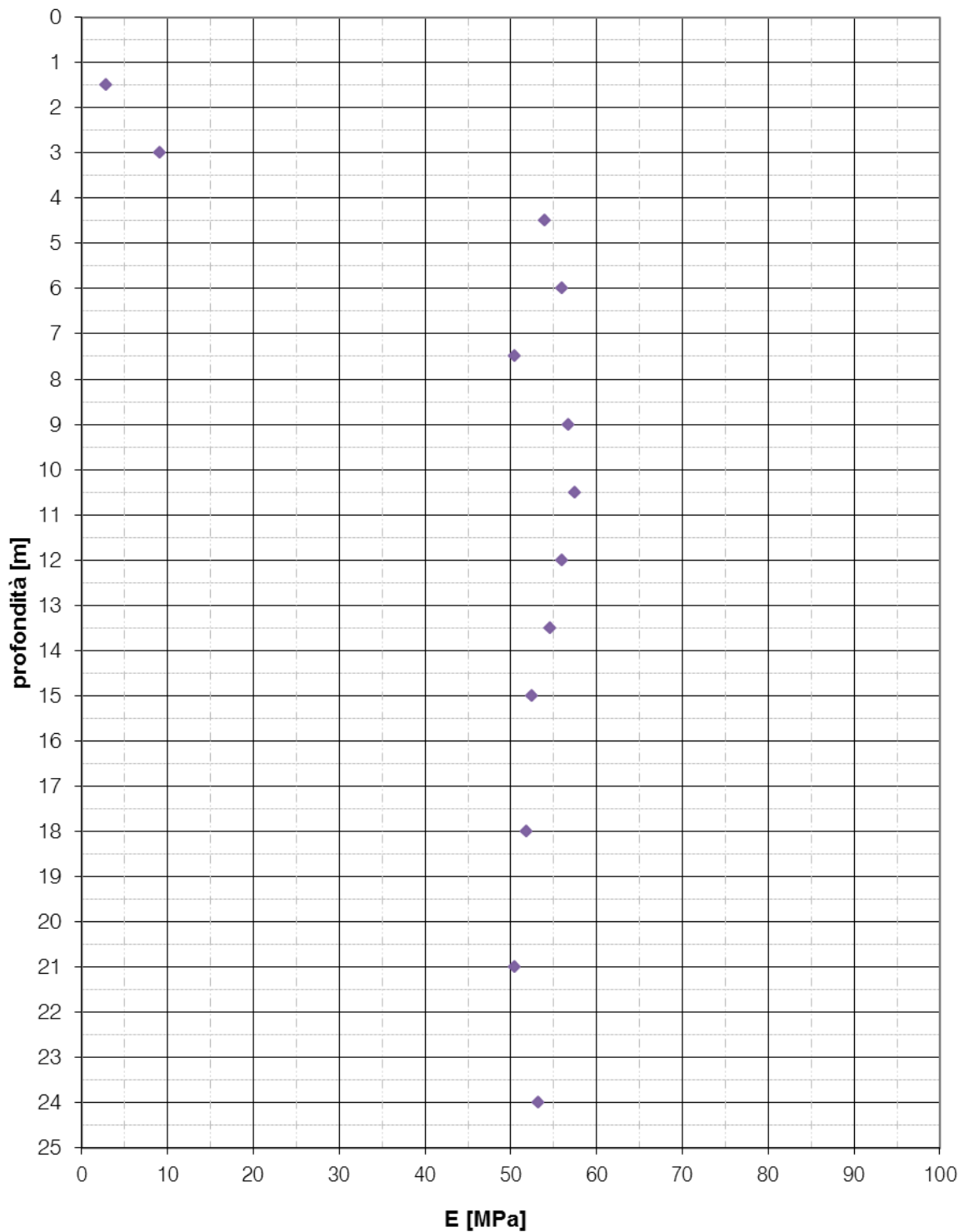
Viene calcolata sulla base della correlazione Meyerhof (1956), valida per sabbie medie e grosse:

$$25.2 + 4.28 \ln NSPT$$



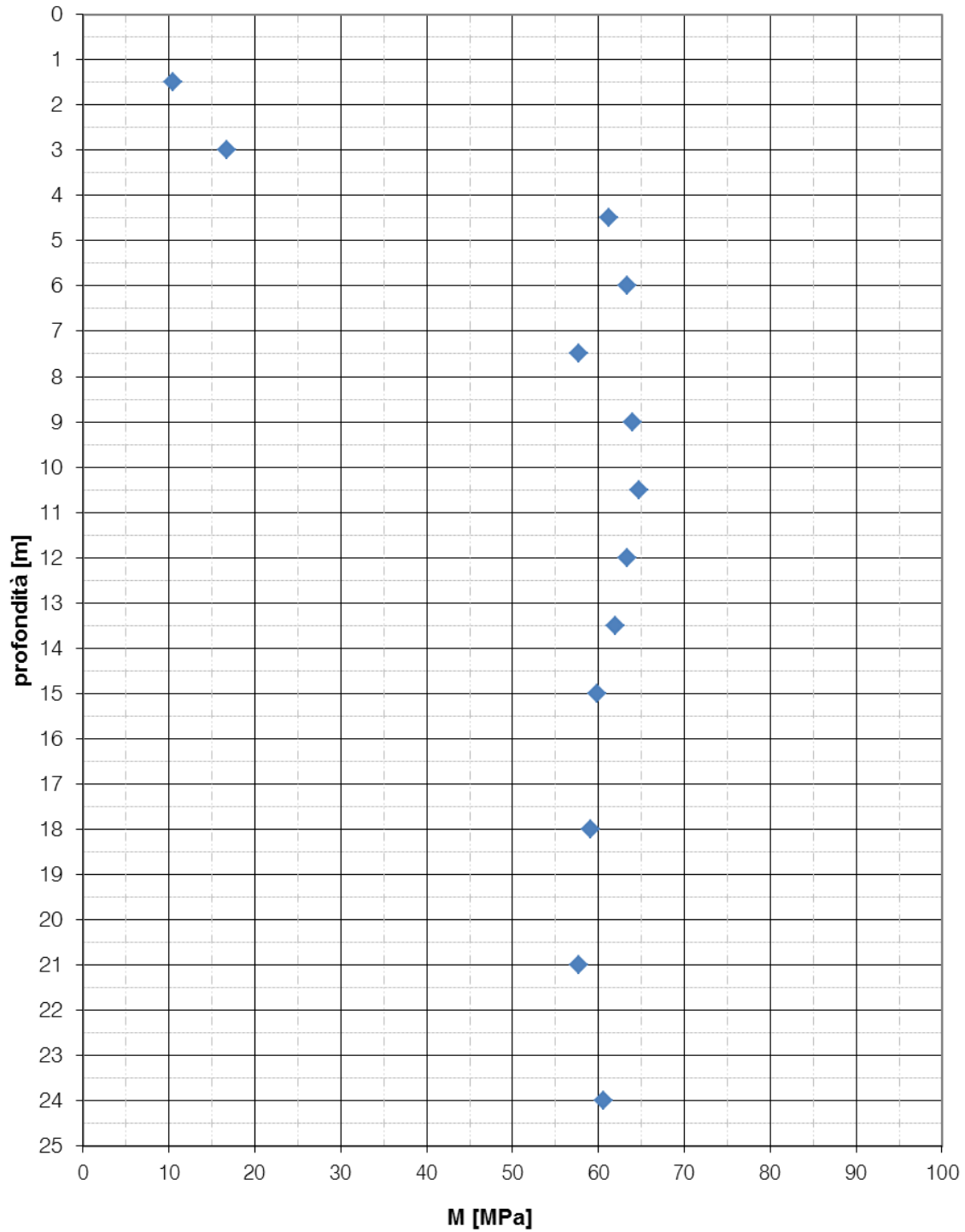
Per i moduli di deformazione (elastico e confinato drenato), si fa riferimento rispettivamente alle relazioni AASTHO 1996 e Zomoridan ed Eslami (2005).

### Modulo Elastico E





Modulo sforzo-deformazioni confinato



◆ Zomorian ed Eslami

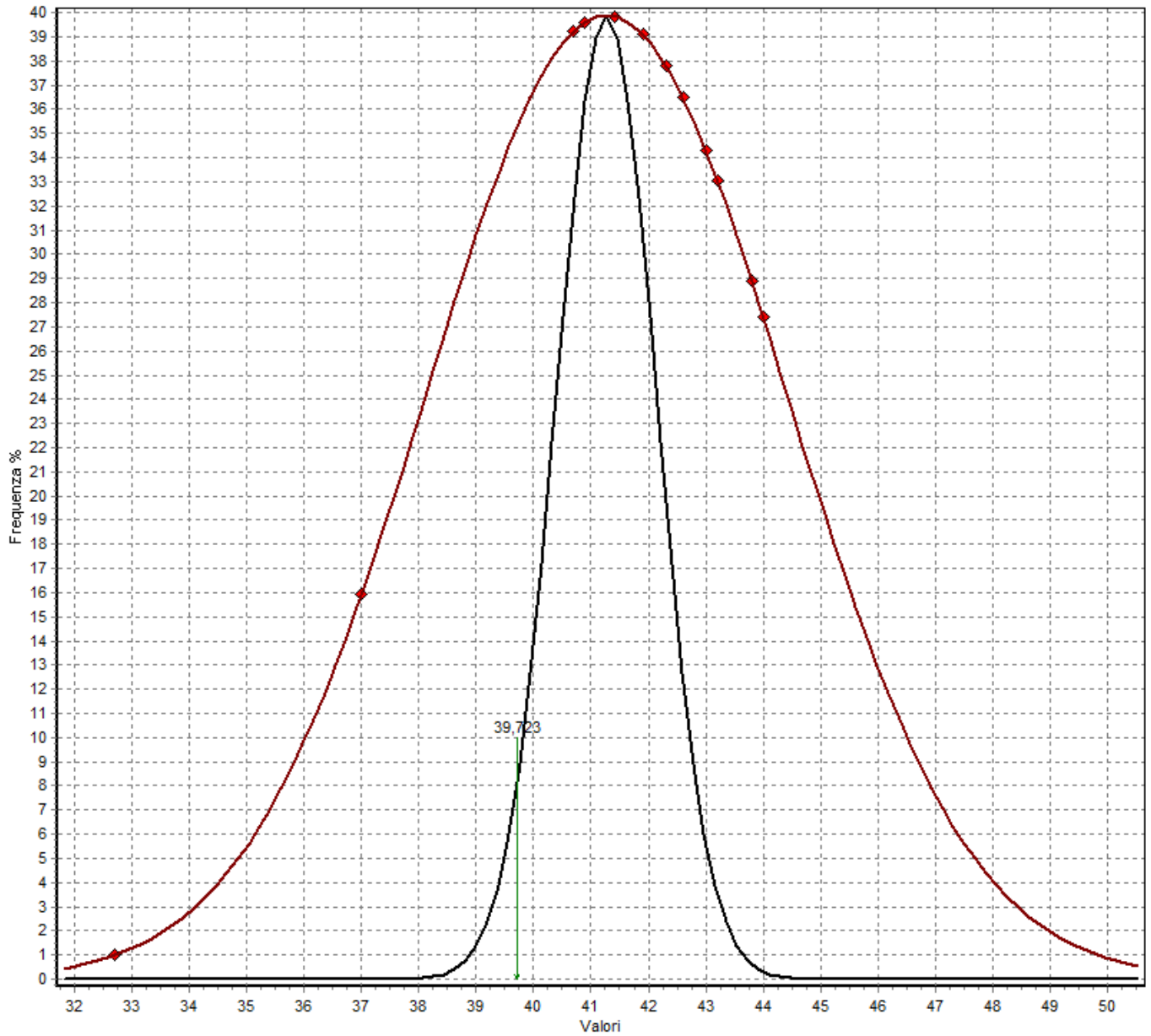
#### 10.4 SCELTA DEL VALORE CARATTERISTICO

Il valore caratteristico delle resistenze di progetto viene mutuato dal D.M. 14/1/2008, che recita al capitolo 6.2.2. “...per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro, nello stato limite considerato..”. Di fatto la definizione del D.M. 14/1/2008 riprende in modo più sintetico quella dell’Euorocodice 7 che dice che “... il valore caratteristico di un parametro di un terreno o di una roccia deve essere scelto in base ad una valutazione cautelativa del valore che influenza l’insorgere dello stato limite...”. Nel paragrafo C6.2.2 della circolare 2.02.2009 “Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” viene chiarito, in modo inequivocabile cosa si debba intendere nella pratica per valore caratteristico di un parametro geotecnico “...appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.”

Per la portanza laterale dei pali o per fondazioni a larga impronta (platee, travi rovesce etc..) , in cui abbiamo resistenze compensate da misure dirette, come valore caratteristico si può quindi utilizzare il valore medio ( $\Phi_{kM}$ ), che corrisponde ad una probabilità di non superamento del 5% del valore della media considerata. Per la portanza di punta del singolo palo o per fondazioni a piccola impronta (plinti) si fa riferimento al valore caratteristico che corrisponde ad una probabilità di non superamento del 5% del valore considerato (EC 1 e EC 7) riferito alla distribuzione di probabilità dell’intera popolazione ( $\Phi_{kP}$ ).

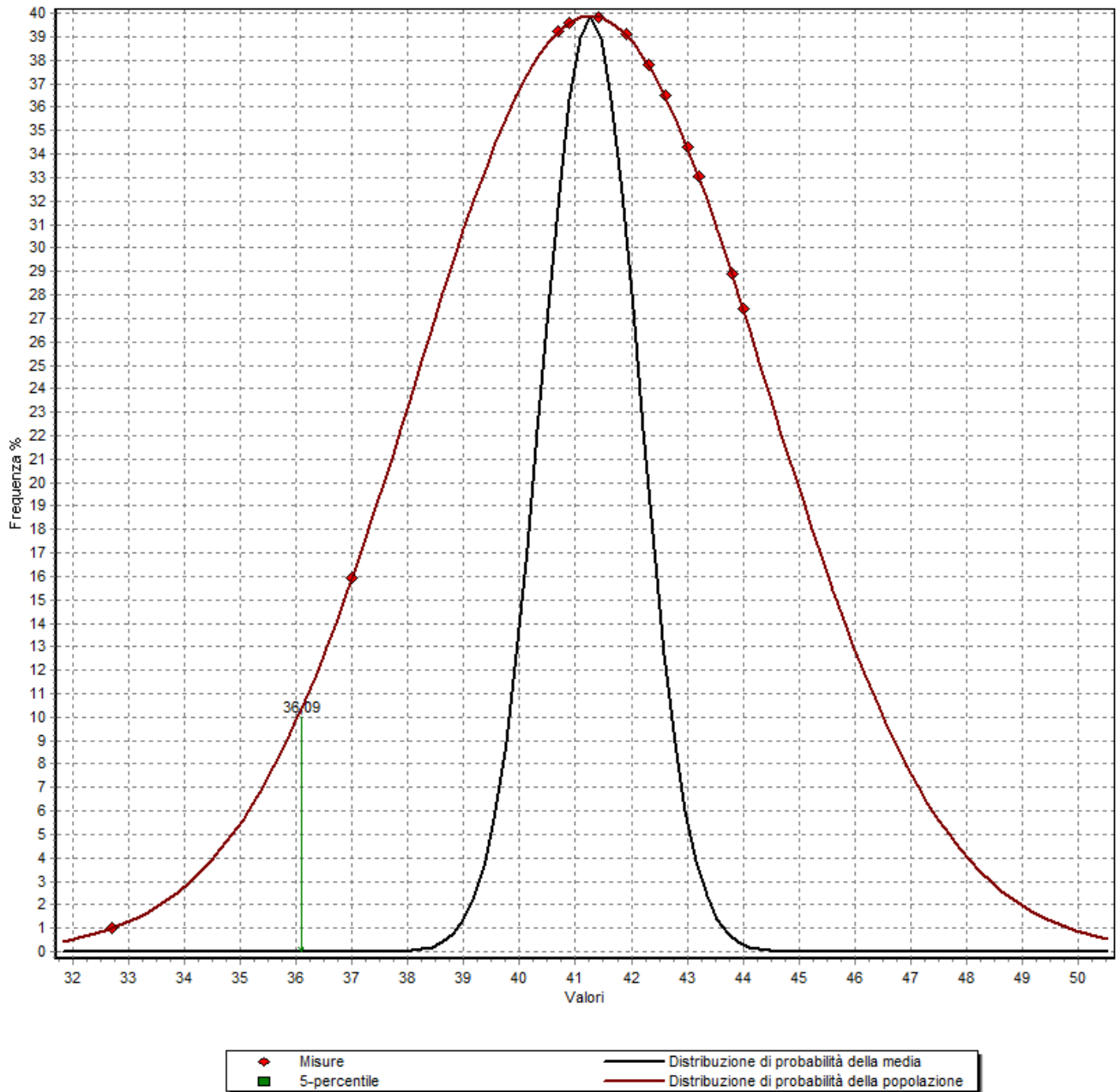
Valore caratteristico del parametro Angolo di resistenza al taglio: 39,723

Distribuzione probabilità campione: media = 41,27 C.O.V. = 0,08



Valore caratteristico del parametro Angolo di resistenza al taglio: 36,09

Distribuzione probabilità campione: media = 41,27 C.O.V. = 0,08



## 11. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

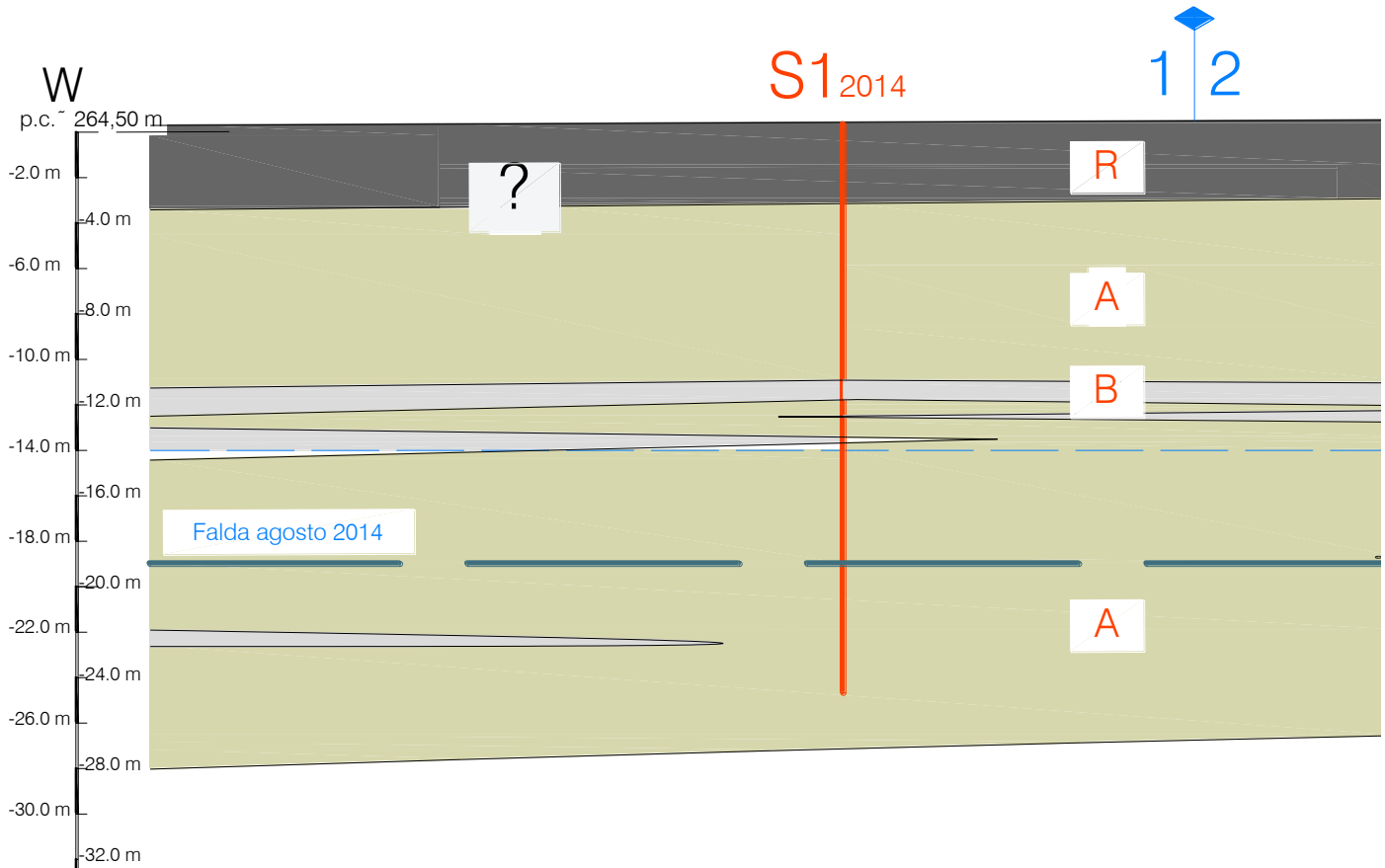


Figura 10 – Modello geotecnico preliminare

**UNITA' R:** Terreni rimaneggiati e riporti antropici

**UNITA' A:** Ghiaia con sabbia di colore grigio, localmente debolmente limosa; clasti da subangolari a subarrotondati da centimetrici a pluricentimetrici e locali trovanti..

Peso di volume naturale  $\gamma = 19.0-19.5 \text{ kN/m}^3$

*Parametri in termini di tensioni efficaci*

Angolo di resistenza al taglio di picco  
 $\phi^k_{\text{medio}} = 39.7^\circ$   
 $\phi^k_{\text{minimo}} = 36.1^\circ$

Coesione efficace  $C' = 0 \text{ kPa}$

*Deformabilità*

Modulo di Young  $E = 50-55 \text{ MPa}$

Modulo confinato drenato  $M = 60 \text{ MPa}$

<b><u>UNITA' B:</u></b> Sabbie, localmente limose			
Peso di volume naturale	$\gamma =$	18.5-19.0	kN/m <sup>3</sup>
<i><u>Parametri in termini di tensioni efficaci</u></i>			
Angolo di resistenza al taglio	$\phi'k$	30°	
Coesione efficace	$C' =$	0	kPa
<i><u>Deformabilità</u></i>			
Modulo confinato drenato	$Ed =$	20	MPa

## 12. CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del committente, ICM-Italia General Contractor S.r.l., è stata redatta una relazione integrativa alla relazione geologica preliminare sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito per la valutazione della fattibilità e l'individuazione delle problematiche connesse con le opere di realizzazione di un centro commerciale in zona stazione a Bolzano.

**Lo studio eseguito non ha evidenziato particolari criticità di natura geologica o geomorfologica e geotecnica e risulta compatibile con in vincoli di natura geologica – idrogeologica esistenti.**

A supporto della progettazione definitiva/esecutiva delle opere dovrà necessariamente essere condotta una specifica indagine geognostica, corredata di prove geotecniche in sito e/o di laboratorio, per l'affinamento del modello stratigrafico geotecnico, in relazione alla tipologia d'intervento che verrà elaborato.

*Bolzano, agosto 2014*

### Appendici:

1 – Indagini geognostiche (Imprefond 2014)



**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

*Con. Min. Infr. e Trasp. con Decreto n. 0000151 del 19/04/2011 Settore C-Prove in situ su terreni (ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001)*

REGIONE AUTONOMA TRENINO ALTO ADIGE  
PROVINCIA DI BOLZANO  
COMUNE DI BOLZANO

# **INDAGINE GEOGNOSTICA A MEZZO SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO E PROVE IN SITO IN VIA DELLA STAZIONE A BOLZANO (BZ).**

**COMMITTENTE:  
ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR**

**DATA:  
Giugno 2014**

## **RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**Direttore del laboratorio:  
Dott. Geol. Dario GUBERTINI**



REGIONE AUTONOMA TRENINO ALTO ADIGE  
PROVINCIA DI BOLZANO  
COMUNE DI BOLZANO

**INDAGINE GEOGNOSTICA A MEZZO  
SONDAGGI A CAROTAGGIO  
CONTINUO E PROVE IN SITO IN VIA  
DELLA STAZIONE A BOLZANO (BZ).**

**COMMITTENTE:  
ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR**

**DATA:  
Giugno 2014**

**RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

---

**1 Generalità**

---

Su incarico della ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR, nel mese di giugno 2014, la nostra Società ha eseguito un'indagine geognostica a mezzo sondaggi meccanici a carotaggio continuo e prove in sito in via della Stazione a Bolzano (BZ).

L'indagine è stata eseguita con la supervisione del dott. geol. Dario Gubertini e con l'assistenza in cantiere del dott. Giorgio Ianes.

Sede legale  
34147 Trieste, via dei Cosulich, 8  
tel. +39 040 827789, fax +39 040 830018  
www.imprefond.com  
e-mail: imprefond@imprefond.com

Imprefond srl - P.I. [IT] 00565000320, C.F. ed iscrizione al Registro Imprese di Trieste n. 00565000320, ANCE n. 8870607, cap. soc. € 90.000,00

Filiale  
38010 Grumo S.Michele a A (Trento)  
via Tonale, 30  
tel. +39 0461 650277, fax +39 0461 662920  
e-mail: imprefond-tn@imprefond.com





**2 INDAGINI GEOGNOSTICHE**

Nel complesso è stato eseguito:

Sondaggio	Carotaggio	Prove S.P.T.	Piezometro
N°	m.l.	n°	m.l.
S1	25,00	10	25
<b>Totale</b>	<b>25,00</b>	<b>10</b>	<b>25</b>

**Postazione Sondaggio Geognostico**



### 3 Modalità di esecuzione delle indagini e delle prove in situ

#### 3.1 Sondaggi geognostici

##### 3.1.1 Sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo

Un sondaggio a rotazione a carotaggio continuo viene eseguito per ottenere una esatta conoscenza delle formazioni o dei terreni indagati, grazie all'esame visivo delle carote estratte durante la perforazione.

In generale il sistema di perforazione comprende diversi elementi (Figura 1) integrati nelle batterie che sono:

- testa di rotazione;
- tubo carotiere;
- estrattore;
- manicotto porta-estrattore;
- corona tagliente.

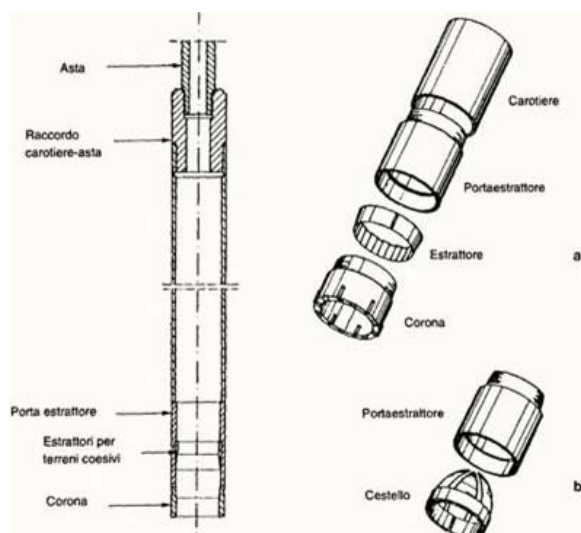


Figura 1 – Sistema di perforazione con aste e carotiere e sulla destra set per la prevenzione della perdita di una carota

La testa di rotazione costituisce il pezzo di unione tra il carotiere, in cui si raccoglie la carota che si estrae durante la perforazione, e la batteria di aste a cui si trasmette il movimento di rotazione e la spinta esercitata dalla macchina perforatrice. Il manicotto portaestrattore contiene una molla denominata estrattore che serve a tagliare la carota quando viene estratta, impedendo così che la stessa fuoriesca durante la manovra.

La corona rappresenta l'elemento perforante che si utilizza nel sondaggio. Essa dispone di taglienti, i quali possono essere di widia (carburo di tungsteno) o di

diamanti. In genere le corone al widia vengono utilizzate in terreni o rocce tenere mentre quelle diamantate in rocce dure o molto dure.

I carotieri nella loro forma più semplice hanno la forma di un tubo munito ad un'estremità di una testa di raccordo con le aste di perforazione e all'altra estremità di un filetto a cui si avvita la corona tagliente che permette il prelievo della carota contemporaneamente all'avanzamento della perforazione.

I carotieri possono essere di due tipi (Figura 2):

- semplice, costituito da un unico tubo;
- doppio, costituito da un tubo carotiere e da un tubo portacarota; vi può anche essere la presenza di una fustella in acciaio/PVC posizionata all'interno del tubo interno (carotiere triplo)

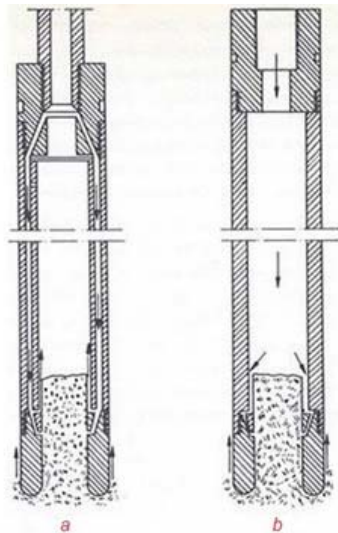


Figura 2 – Tipi di carotieri per perforazione a rotazione:  
a, carotiere doppio; b, carotiere semplice

Il carotiere semplice (Figura 3) è costituito da un unico tubo di acciaio di diametro compreso tra 66 e 146 mm munito della corona tagliente a una estremità e di una valvola di non ritorno a sfera all'altra estremità, per evitare la possibilità che la carota fuoriesca dal carotiere. In caso di terreni sciolti, può anche essere inserito alla base del carotiere, immediatamente al di sopra della corona, un cestello al fine di agevolare la ritenuta del materiale carotato.

Normalmente il carotiere semplice viene impiegato "a secco" cioè senza l'utilizzo del fluido di perforazione che altrimenti dilaverebbe tutta la superficie della carota e le frazioni fini.

Questo carotiere rappresenta un utensile molto semplice che realizza aree di taglio piccole grazie all'esiguo spessore della corona di 7 mm. Crea pochi detriti e la carota, a parità di diametro esterno, ha un diametro maggiore di quello ottenibile con i doppi carotieri anche se in questo caso la carote sono più disturbate. Consente il prelievo di

campioni rimaneggiati in quanto il materiale recuperato rimane a contatto con le pareti del carotiere e con l'eventuale l'acqua di circolazione. Viene utilizzato soprattutto nei terreni teneri come le argille, limo e sabbia in quanto la rotazione del tubo del carotiere può causare il rimaneggiamento di terreni cementati.

Una bassa velocità di rotazione e una bassa spinta possono garantire la riduzione del disturbo del carotaggio ed evitare la creazione di tappi di materiale particolarmente essiccato e bruciato.



Figura 3 – Carotiere semplice

Il carotiere doppio ha la particolarità, pur mantenendo lo stesso diametro del carotiere semplice, di avere due tubi di acciaio coassiali indipendenti nei movimenti:

- un tubo interno costituito da un tubo portacarota o camicia che rimane fermo durante l'avanzamento della perforazione e che si trova in posizione più arretrata di quello esterno con il compito di raccogliere il materiale carotato;
- un tubo esterno costituito da un tubo carotiere rotante dotato di corona con il compito di tagliare il terreno.

La parete interna non ruotante è munita di una scarpa tagliente atta a penetrare a pressione per un breve tratto nel terreno e quindi sporgente rispetto alla tubazione esterna ruotante. Tale sporgenza decresce con l'aumentare della compattezza del terreno.

Viene generalmente utilizzato con il fluido di circolazione che viene fatto passare tra l'intercapedine esistente tra i due tubi coassiali e quindi la carota, incamiciata nel tubo interno, è in contatto con il fluido solo in corrispondenza del margine della corona che normalmente è di spessore maggiore di quella utilizzata nel carotiere semplice.

Inoltre il tubo interno va montato su cuscinetti a sfera che ne impediscono il movimento mentre il tubo esterno ruota.

Il carotiere doppio monta inoltre un estrattore e un portaestrattore e a volte un tubo di allungamento del tubo interno che è solidale con l'estrattore e viene abbassato quando la carota deve essere spezzata, in modo tale che la sollecitazione meccanica venga trasferita dall'estrattore e dal portaestrattore al tubo esterno più robusto.

Esistono diversi tipi di carotieri doppi che differiscono per caratteristiche e in ragione della natura litologica dei terreni:

- T2, carotiere doppio con corona a parete sottile (diametro fino a 101 mm) costituito da un tubo interno non rotante e un tubo esterno a cui si raccorda una corona di perforazione con spessore di parete di  $7 \div 8,5$  mm, a seconda del diametro del carotiere. È caratterizzato dunque da una minima superficie di taglio che porta a ottenere elevate velocità di penetrazione.
- T6, carotiere doppio costituito dal tubo interno intero (un solo pezzo) di diametro compreso fra 101 al 146 mm; caratterizzato dal montare una corona sottile diamantata o in lega dura di widia che presenta uno spessore di parete di  $9,5 \div 11,5$  mm a seconda del diametro del carotiere.

I T6 sono essenzialmente previsti per il carotaggio in formazioni di media durezza, anche se, grazie alla piccola superficie di taglio, possono essere impiegati in modo vantaggioso anche in formazioni a durezza maggiore mediante l'utilizzo di corone diamantate.

A differenza del tipo T2 (Figura 4) questo carotiere è adatto anche per il carotaggio in formazioni sedimentarie, alluvionali o alterate dove sia necessario ricorrere ai fanghi bentonitici come fluido di circolazione per stabilizzare il foro. Lo spazio anulare tra i tubi esterno e interno è infatti sufficiente per consentire il passaggio del fango con sedimenti grossolani;

- T6S, carotiere doppio costituito da un tubo interno apribile (Figura 5) longitudinalmente in due metà che consente il recupero di carote intatte anche da formazioni poco compatte e alterate. Monta corone con uno spessore leggermente maggiore del T6 caratterizzate normalmente da uno scarico frontale che preserva la carota dal fluido di circolazione.

I "T6S" sono essenzialmente previsti per formazioni tenere e friabili e ne caso in cui si vogliano carote da inviare al laboratorio geotecnico.

Questo carotiere doppio presenta il vantaggio di avere un tubo interno leggermente avanzato rispetto alla corona del tubo esterno che ruota, punzonando il terreno tramite una scarpa tagliente che si ritira o si allunga in funzione della compattezza del terreno. Il tubo interno divisibile permette inoltre l'esame immediato della carota e il suo trasferimento nella cassetta catalogatrice senza alcun disturbo.

I carotieri T6 e T6S impiegano, dunque, corone a parete sottile ma possono comunque essere impiegati anche con spurgo di fango grazie sia all'impiego di acciai di alta qualità per la costruzione del tubo interno che viene così ad avere uno spessore minimo e sia a un valore medio dell'intercapedine tra tubo esterno e tubo interno.

Va considerato che la presenza di un piccolo spessore di parete fornisce, rispetto a una corona di maggiore spessore, una minore superficie di taglio, un minore detrito, un

minor consumo della corona, una velocità di penetrazione maggiore, una minor pressione e coppia torcente.

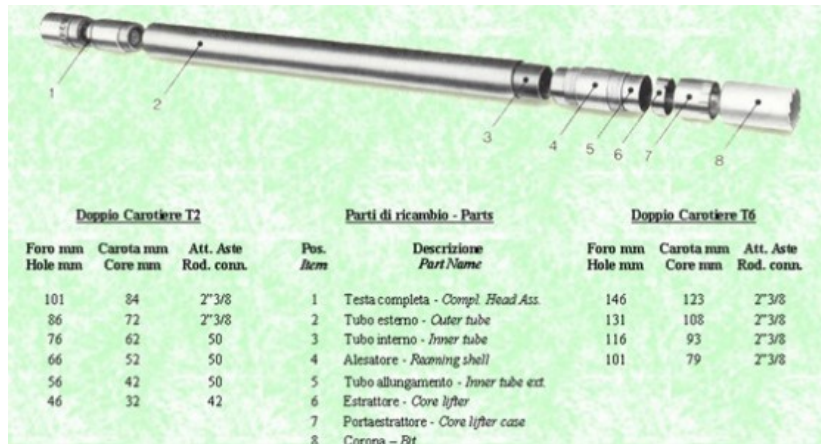


Figura 4 – Carotiere doppio T2 e T6.



Figura 5 – Carotiere T6S

I carotieri doppi vengono utilizzati generalmente in sondaggi la cui profondità non supera i 100 m. Per profondità maggiori è più indicato l'impiego del carotiere a fune wire-line (Figura 6) che abbassa sensibilmente i tempi di manovra.



Figura 6 – Wire line.

Questo sistema di carotaggio prevede l'impiego di aste speciali che funzionano praticamente anche da tubi di rivestimento provvisorio del foro e di un apposito doppio carotiere collegato alla prima asta. Il tubo interno dal doppio carotiere, al termine di ogni manovra di carotaggio, viene recuperato mediante l'uso di un attrezzo di pescaggio che viene fatto scendere con una fune all'interno delle aste wire-line; in sostanza, al termine di ogni manovra di carotaggio, si recupera il tubo interno del carotiere e lo si porta in superficie con un verricello tramite un apposito attrezzo di pescaggio, quindi lo si svuota senza sollevare e dover svitare la batteria delle aste (Figura 7).

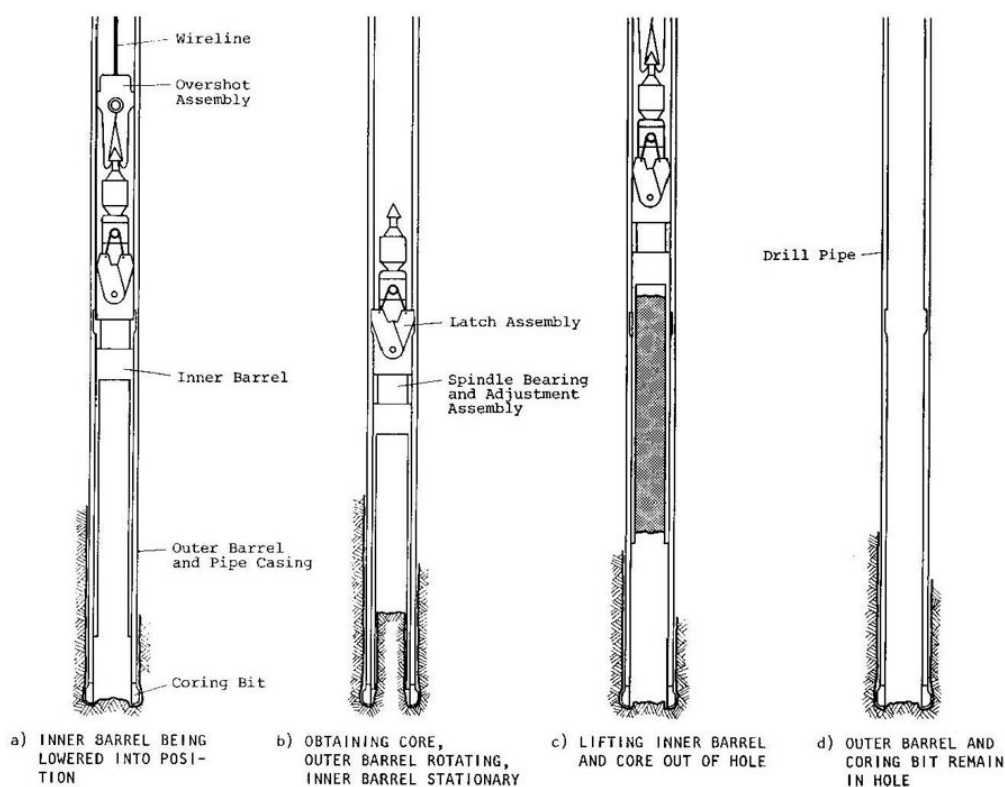


Figura 7 – Schema di lavoro con sistema wire-line

Serie	Carotiere wire-line		Aste wire-line	
	Ø Foro	Ø Carota	Ø Esterno	Ø Interno
AQ	48.0	27.1	44.5	34.9
BQ	60.0	36.4	55.6	46.0
NQ	75.7	47.6	69.9	60.3
HQ	96.3	63.5	88.9	77.8
PQ	122.6	85.0	117.5	103.2
SQ	146.0	102.0	139.7	125.4

Tabella 1 – Diametri (mm) carotieri aste di perforazione wire-line

Una volta ultimata la perforazione il geologo provvede allo studio più completo delle carote e all'invio, se previsto, di campioni di terreno al laboratorio geotecnico / ambientale.

A tal fine le carote ottenute vengono allineate nell'ordine in cui sono estratte, in luogo riparato, e numerate progressivamente con i dati relativi alla profondità di provenienza.

La serie di carote estratte dalla sonda viene raccolta in apposite cassette catalogatrici (Figura 8 e Figura 9) di forma rettangolare, divise in 5 scomparti di 1 m di lunghezza, dotate di coperchio e con altezza adeguata rapportata al diametro della perforazione. Il tutto nel rispetto della sequenza stratigrafica rinvenuta utilizzando separatori interni o opportune segnature che indicheranno le quote di inizio e fine di ogni manovra e l'eventuale prelievo di campioni.



Figura 8 – Cassetta catalogatrice - carotaggio in terreni

Le cassette catalogatrici sono contrassegnate da una etichetta o scritta inamovibile e indelebile riportante: località; designazione del cantiere - committente – esecutore; designazione del sondaggio; n° di cassetta e profondità di prelievo (da/a).

Le cassette sono numerate a partire da quelle che contengono le carote più prossime alla superficie esterna, e per ognuna di viene eseguita una fotografia a colori in modo da individuare in maniera ottimale le variazioni litologiche.

Le fotografie effettuate saranno successivamente inserite nelle schede fotografiche allegate al report di indagine.

I carotaggi contenuti nelle cassette catalogatrici vengono quindi trasportati e conservati in ambienti riparati dalle intemperie.





Figura 9 – Cassetta catalogatrice – carotaggio in roccia

Se previsto, al fine di mantenere disponibile il foro di sondaggio (Figura 10) anche per successivi utilizzi, si provvede a proteggere il boccapozzo con pozzetto e chiusura inamovibile, dopo averlo attrezzato con le strumentazioni richieste (installazione di tubi inclinometrici, di tubi per prove tipo “Down-Hole” o di piezometri, ecc.).



Figura 10 – Esempio di sondaggio geognostico.

### 3.2 Standard Penetration Test (SPT)

La prova S.P.T. (Standard Penetration Test) è una prova puntuale che viene eseguita nel corso della perforazione, al fondo del foro.

È molto nota, standardizzata sia dalla A.S.T.M. Designation 1586/67, dal sottocomitato I.S.S.M.F.E. (Associazione Geotecnica Internazionale), per le prove penetrometriche in Europa, nonché dalle “Raccomandazioni” A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) per l’esecuzione delle indagini geotecniche (1977).

La prova consiste nell’infiggere nel terreno, alla base del sondaggio, per mezzo di un martino a sganciamento automatico del peso di kg 63,4 cadente da un’altezza di cm 75, un campionatore (Figura 11).

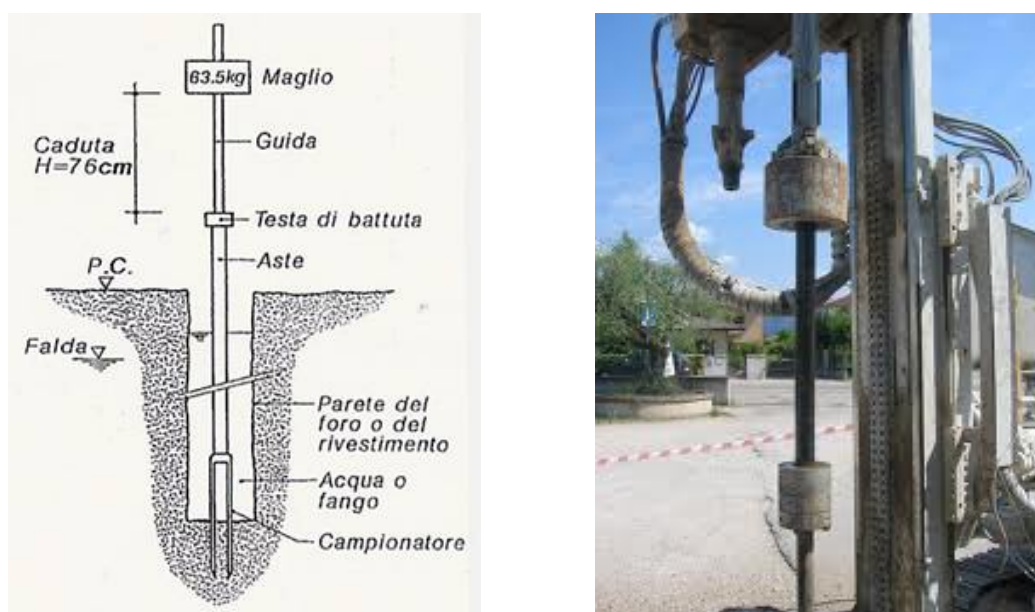


Figura 11 – Maglio S.P.T.

La prova consiste nell’infiggere preliminarmente di 150 mm contando ed annotando il numero di colpi del maglio, fino ad un massimo di 50 colpi; successivamente si procede all’infiggere del tratto di 300 mm contando ed annotando il numero di colpi relativi ai primi 150 mm ed ai secondi 150 mm fino ad un massimo di 100 colpi (Figura 12)

Il rifiuto si considera raggiunto quando, dopo l’infiggere preliminarmente, che è pari a 150 mm o 50 colpi, si ottengono 100 colpi per un avanzamento minore o uguale a 300 mm. In ghiaie o in terreni molto compatti viene utilizzata una punta chiusa con apertura di 60°. In base al valore NSPT è possibile determinare lo stato reale di addensamento per i terreni incoerenti e di consistenza per quelli coesivi, come evidenziato nella tabella riportata nella pagina successiva.

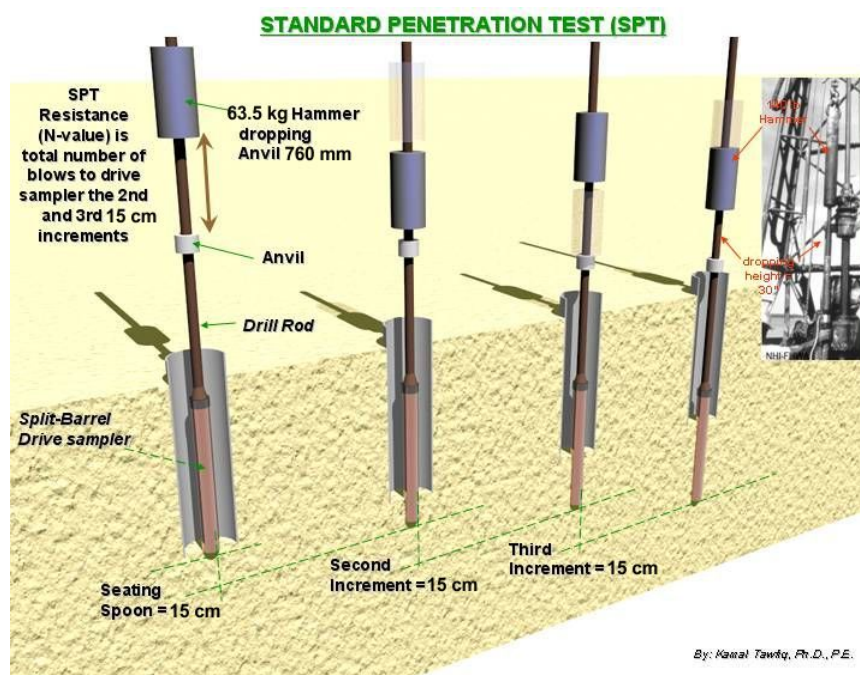


Figura 12 – Schema prova S.P.T.

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI DI RESISTENZA DEI DATI DELLO S.P.T.

Terreno coerente Definizione della consistenza	Numero dei colpi NSPT	Indice di consistenza Ic	Coesione non drenata Cu [Bar]
Privo di consistenza	< 2	0	< 0.1
Poco consistente	2 – 4	0 - 0.25	0.1 - 0.25
Moderatamente consistente	4 – 8	0.25 - 0.5	0.25 - 0.5
Consistente	8 – 15	0.5 - 0.75	0.5 - 1.0
Molto consistente	15 – 30	0.75 - 1.0	1.0 - 2.0
Estremamente consistente	> 30	> 1.0	> 2.0

Terreno incoerente Grado di addensamento	Numero dei colpi NSPT	Densità relativa Dr	Angolo di attrito φ [°]
Sciolto	< 4	< 0.2	< 30°
Poco addensato	4 – 10	0.2 - 0.4	30° - 35°
Moderatamente addensato	10 – 30	0.4 - 0.6	35° - 40°
Addensato	30 – 50	0.6 - 0.8	40° - 45°
Molto addensato	> 50	> 0.8	> 45°

La resistenza al taglio di un terreno granulare è sinteticamente espressa dall'angolo  $\phi'$  la cui determinazione non è direttamente derivabile dai valori dalle  $N_{SPT}$  o dalla  $Q_c$ .

L'approccio più semplice e maggiormente utilizzato è quello della stima della  $D_r$  della sabbia in funzione di  $N_{SPT}$  e della tensione efficace utilizzando la correlazione di Gibbs ed Holtz (1957 - Figura 13) e, successivamente, nota la  $D_r$  e la composizione granulometrica risalire al valore di  $\phi'$  tramite la correlazione di Schmertmann (1978 - Figura 14).

Tra i metodi di correlazione diretta  $N_{SPT} - \phi'$  viene tradizionalmente utilizzata la correlazione di De Mello (1971 - Figura 15), con cui è possibile dare stima dell'angolo di resistenza a taglio in funzione di  $\sigma'_{v0}$  e  $N_{SPT}$ .

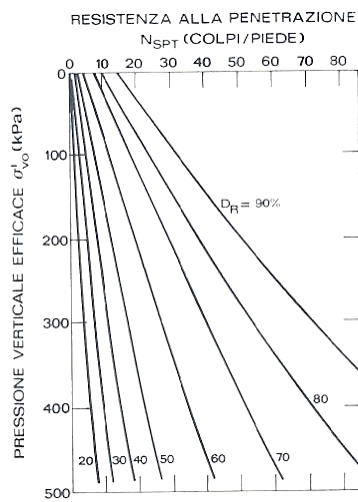


Figura 13 – Gibbs-Holtz (1957)

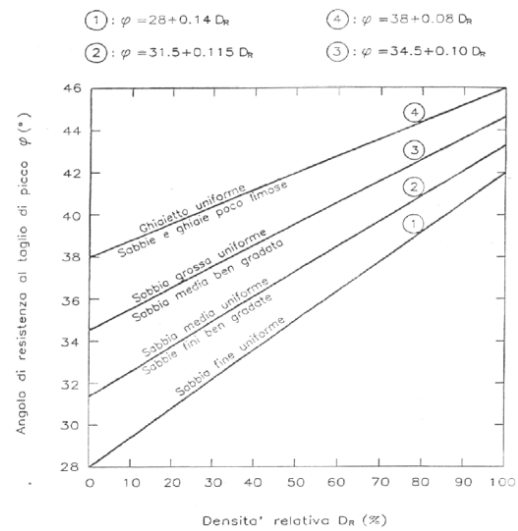


Figura 14 – Schertmann (1978)

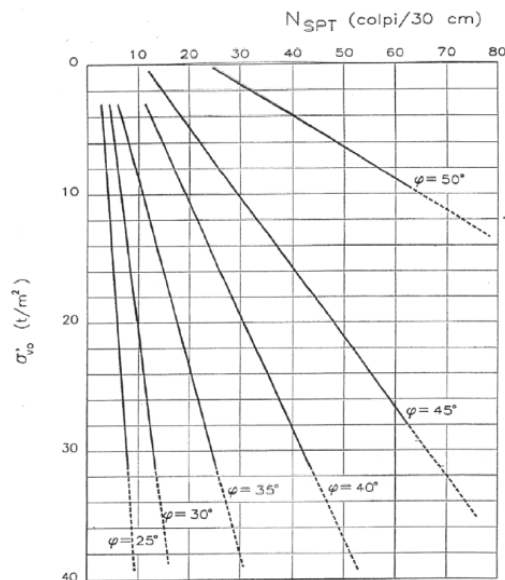


Figura 15 – De Mello (1971)

Nell'esecuzione delle prove è stata sempre mantenuta la verticalità della guida del maglio durante la caduta libera.

Con uno scandaglio è stata controllata di volta in volta la quota del fondo foro: se la differenza con le quote raggiunte in precedenza dalla manovra di perforazione o pulizia ha superato i 7 cm (norma ASTD) la prova è stata sospesa per procedere ad un'ulteriore operazione di pulizia.

Ad estrazione avvenuta il campione prelevato è stato misurato, trascurando l'eventuale parte alte costituita da detriti, sigillato in un contenitore ed inviato in laboratorio.

### 3.3 Prova scissometrica (Torvane) e penetrometrica (Pocket Penetrometer)

Queste prove manuali vengono effettuate per determinare lo stato di consistenza dei terreni coesivi.

La prova scissometrica consiste nell'infingere sulla carota appena estratta e scortecciata una paletta a quattro lame metalliche ortogonali (sezione a croce greca), collegata ad un'asta metallica, ed imprimere una rotazione misurando lo sforzo torsionale necessario per portare il terreno alla rottura. Questa prova consente di misurare la resistenza al taglio non drenata di terreni coesivi, dato espresso in  $\text{kg/cm}^2$ . Il set è composto da differenti accessori (Figura 16) al fine di consentire la misurazione del valore anche in terreni particolarmente soffici. Il valore in tal caso viene opportunamente corretto.



Figura 16 – Torvane

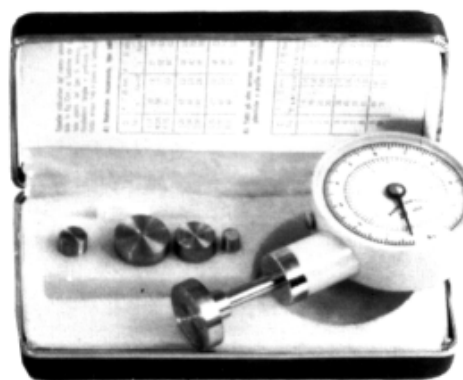


Figura 17 – Pocket Penetrometer

In aggiunta alle prove eseguite con lo scissometro tascabile sono state eseguite, sempre sulla carota appena estratta e scortecciata, prove con il penetrometro tascabile (Figura 17); la misurazione di tale parametro avviene in seguito all'affondamento nel campione di sedimento di un cilindro di area nota per un tratto standard. La lettura indicata dal manometro è espressa in  $\text{kg/cm}^2$  ed è stata annotata nelle apposite colonne in stratigrafia.

Di seguito viene riportata una tabella nella quale sono indicati i gradi di consistenza in base alla resistenza al penetrometro tascabile espressa in  $\text{kg/cm}^2$ :

Definizione della consistenza dei terreni coesivi	Resistenza al penetrometro tascabile ( $\text{kg/cm}^2$ )	Prove manuali
Privo di consistenza	< 0.12	Espelle acqua quando strizzato tra le dita
Poco consistente	0.12 - 0.25	Si modella tra le dita con poco sforzo
Moderatamente consistente	0.25 - 0.50	Si modella fra le dita con un certo sforzo
Consistente	0.5 - 1.0	Non si modella fra le dita È difficile da scavare
Molto consistente	1.0 - 2.0	È molto difficile da scavare
Duro	> 2.0	Si scava con molta difficoltà

## 4 Fori attrezzati

### 4.1 Posa in opera di tubi piezometrici

Terminata la perforazione dei fori d'indagine, al loro interno sono stati messi in opera tubi piezometrici. Scopo dell'operazione è il controllo del percolato ed il controllo delle acque di falda.

#### 4.1.1 Piezometro a tubo aperto in PVC

I piezometri a tubo aperto sono usati per rilevare, misurare e monitorare il livello dell'acqua in suoli permeabili. La colonna è di norma realizzata con tubi fessurati in corrispondenza della falda e ciechi nella restante parte superiore.

I tubi in PVC garantiscono una perfetta corrispondenza alle normative igieniche e tecniche dei principali paesi industriali. Sono resistenti alla corrosione di muffe, correnti vaganti, acque marine, soluzioni acide ed alcaline diluite; sono inoltre privi di incrostazioni e le pareti interne hanno una bassa rugosità. La filettatura, inoltre, è rafforzata con un ispessimento all'estremità dei tubi in fase di estrusione.



Figura 18 – Tubi piezometrici in PVC, tappi di testa e di fondo, chiusini

Al termine della posa dei tubi, gli stessi sono stati spurgati dai residui di perforazione mediante immissione di acqua in pressione, mentre la testa pozzo è stata attrezzata con doppio chiusino.

Il collegamento tra uno spezzone di tubo e l'altro è stato realizzato sul campo; si è quindi proceduto alla messa in opera del tubo piezometrico e tappo di fondo, del materasso filtrante composto ghiaia medio fina lavata e di bentonite in pellets al fine di garantire la separazione dei fluidi percolanti dalla zona attrezzata con tubo cieco e quella microfessurata.

Ø esterno		Ø interno	Spessore	Ø esterno massimo	Filettatura	Peso
inch	mm	mm	mm	mm		kg/m
1/2"	21,1	15,9	2,6	26,0	Gas	0,2
3/4"	26,5	21,3	2,6	30,0	Gas	0,3
1"	33,3	26,7	3,3	40,0	Gas	0,5
1"	33,3	26,7	3,3	33,3	Trapezoidale	0,5
1"1/4	42,0	34,6	3,7	49,0	Gas	0,7
1"1/4	42,0	34,6	3,7	42,0	Trapezoidale	0,7
1"1/2	48,0	40,0	4,0	55,0	Gas	0,8
1"1/2	48,0	40,0	4,0	48,0	Trapezoidale	0,8
2"	60,0	51,6	4,2	65,0	Gas/Trapezoidale	1,1
2"	60,0	51,6	4,2	60,0	Trapezoidale	1,1
2"1/2	75,0	66,0	4,5	81,0	Gas/Trapezoidale	1,6
2"1/2	75,0	66,0	4,5	75,0	Trapezoidale	1,6
3"	89,0	79,0	5,0	95,0	Gas/Trapezoidale	2,0
3"	89,0	79,0	5,0	89,0	Trapezoidale	2,0
4"	114,0	103,2	5,3	121,0	Gas/Trapezoidale	2,9
4"	114,0	103,2	5,3	114,0	Trapezoidale	2,9
Microfessurazioni 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 - 0,7 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 mm.						
Lunghezze standard elementi 1m, 2m, 3m, 5m, 6m.						

Alla sommità, infine, è stato applicato un tappo di sabbia dello spessore di 0.10 m ed una sigillatura superficiale in cemento.

L'allestimento del piezometro è stato ultimato con la posa in opera del doppio pozzetto di protezione consistente in un chiusino interno dotato di lucchetto e, ove richiesto, da un chiusino esterno carrabile in ghisa.



5 Modalità descrittive

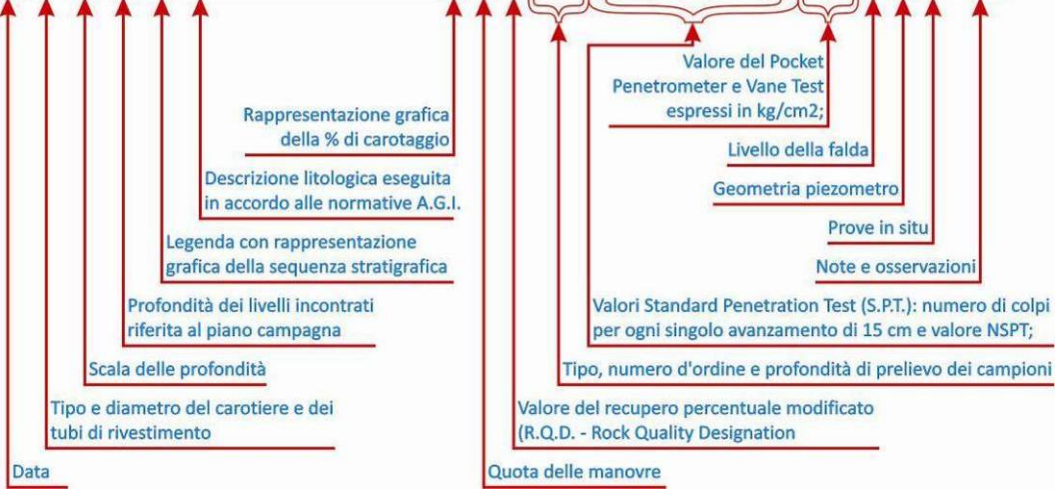
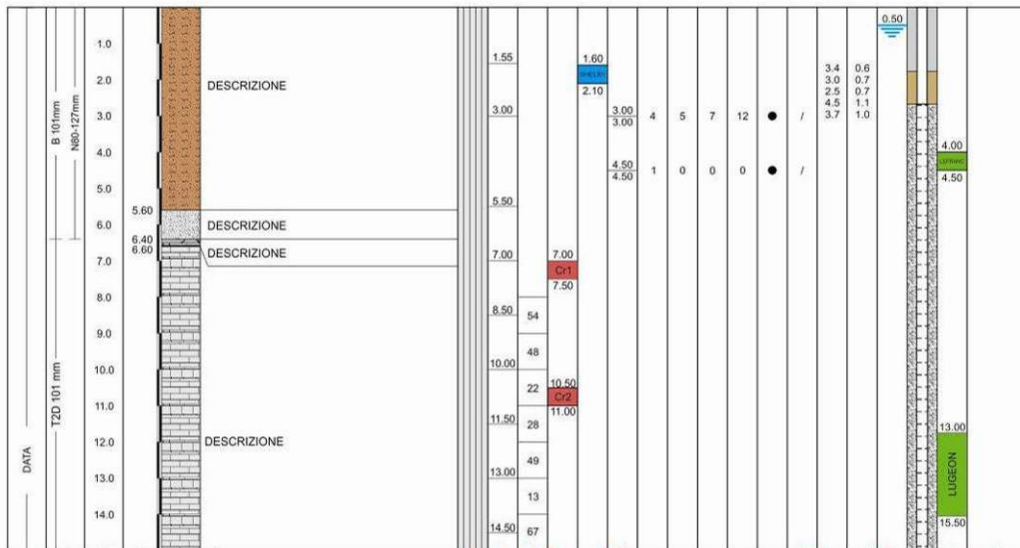
5.1 Rapporto stratigrafico

Le schede stratigrafiche allegate al presente documento riportano i dati raccolti durante l'indagine geognostica.

Identificativo sondaggio, Scala  
 Committente, Progetto, Località  
 Supervisore, Capo sondatore, Modello della sonda carotatrice  
 Intestazione

 <b>imprefond</b> GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI DEL SOTTOSUOLO TRIESTE - via del Cosulich, 8 - +39 040 827789 Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0481 650277	COMMITTENTE: _____ PROGETTO: _____ LOCALITÀ: _____ UBICAZIONE: _____	Sondaggio: <b>S</b> _____  Scala: 1 : 100 Foglio: 1	
	SUPERVISORE: _____	SONDATORE: _____	SONDA: _____

Data	Tipo e diam. carotere Rivestimento	Prof. relativa m	Prof. assoluta m	Legenda	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	Percentuale carotaggio	Manovre	R.Q.D. %	Campioni					Standard Penetration Test					Pocoletti Penetrometer Figura: 2 Modello: 2	Livello falda	Piezometro	Prove in situ	Note		
									Disturbati	Indisturbati	Per carotaggio Per campagna in	N. Colpi	0 - 15 cm	15 - 30 cm	30 - 45 cm	NSPT	Punta Agnelli Punta Chiusi	Lunghezza campione						0	1



## 5.2 Descrizione stratigrafica

La descrizione stratigrafica è compilata in modo tale da specificare per ciascun strato quanto relativo ai punti sotto elencati:

### 5.2.1 Denominazione geologica della formazione

### 5.2.2 Tipo di terreno

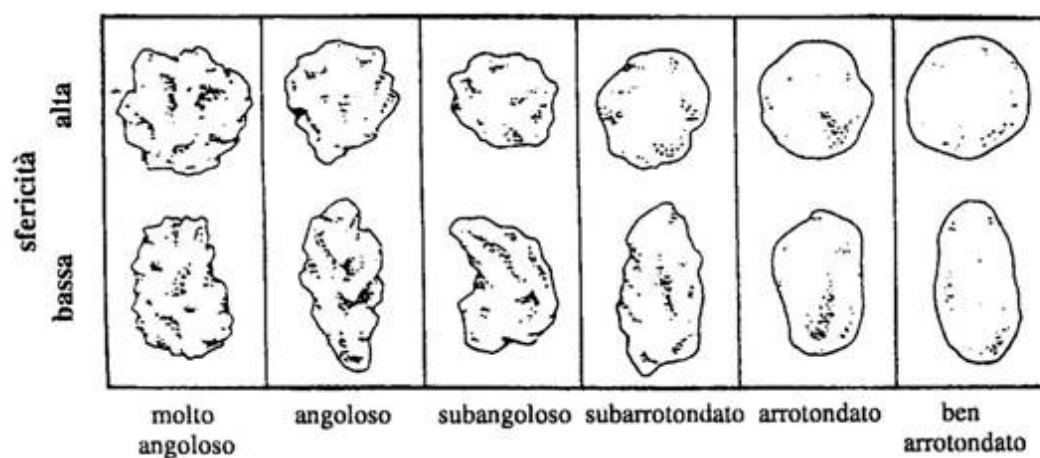
Le caratteristiche granulometriche del terreno sono state definite con riferimento alla terminologia AGI (1977).

DEFINIZIONE		DIAMETRO DEI GRANI [mm]
BLOCCHI		> 200
CIOTTOLI		200 - 60
GHIAIA	Grossa	60 - 20
	Media	20 - 6
	Fine	6 - 2
SABBIA	Grossa	2 - 0,6
	Media	0,6 - 0,2
	Fine	0,2 - 0,06
LIMO		0,06 - 0,002
ARGILLA		< 0,002

Per classificare un terreno costituito da diverse frazioni granulometriche si utilizza la seguente nomenclatura:

- I nome: la frazione granulometrica di maggior diametro da il nome all'aggregato (es. Limo)
- II nome: quando il II materiale ha una percentuale in peso tra 50%-25% si utilizza CON per unire i due nomi (es. Limo con argilla)
- III nome: si utilizza il suffisso OSO se la percentuale in peso della frazione successiva è tra 25%-10% (es. Limo con argilla sabbiosa)
- IV nome: si utilizza la particella DEBOLMENTE se la percentuale della frazione successiva è tra 10%-5% (es. Sabbia con ghiaia debolmente limosa).

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa è specificato il grado di arrotondamento con riferimento alla seguente tabella:



DEFINIZIONE	ARROTONDAMENTO	DESCRIZIONE
Angoloso	0 – 0.15	Nessuna smussatura
Subangoloso	0.15 – 0.25	Mantiene forma originale con evidenze di smussatura
Subarrotondato	0.25 – 0.40	Smussatura considerevole e riduzione dell'area di sup. del clasto
Arrotondato	0.40 – 0.60	Rimozione delle sup. originali, con rare superfici piatte
Ben arrotondato	0.60 - 1	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

### 5.2.3 Condizioni di umidità naturale

Le condizioni di umidità naturale del terreno è stata definita con uno dei seguenti termini:

- Asciutto
- Debolmente umido
- Umido
- Molto umido
- Saturo

#### 5.2.4 Consistenza

La consistenza dei terreni coesivi è stata descritta con riferimento alla misura di resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata con frequenza di una prova ogni 10-15 cm.

Nel caso di terreni granulari la consistenza si esprime in termini di addensamento.

##### Terreno coerente

- Privo di consistenza
- Poco consistente
- Moderatamente consistente
- Consistente
- Molto consistente
- Estremamente consistente

##### Terreno incoerente

- Sciolto
- Poco addensato
- Moderatamente addensato
- Addensato
- Molto addensato

#### 5.2.5 Colore

Il colore è stato descritto scegliendo tra i seguenti termini precisando se necessario la tonalità e l'intensità: rosa, rosso, viola, arancione, giallo, marrone, verde, grigio, nero precisando se necessario la tonalità e l'intensità.

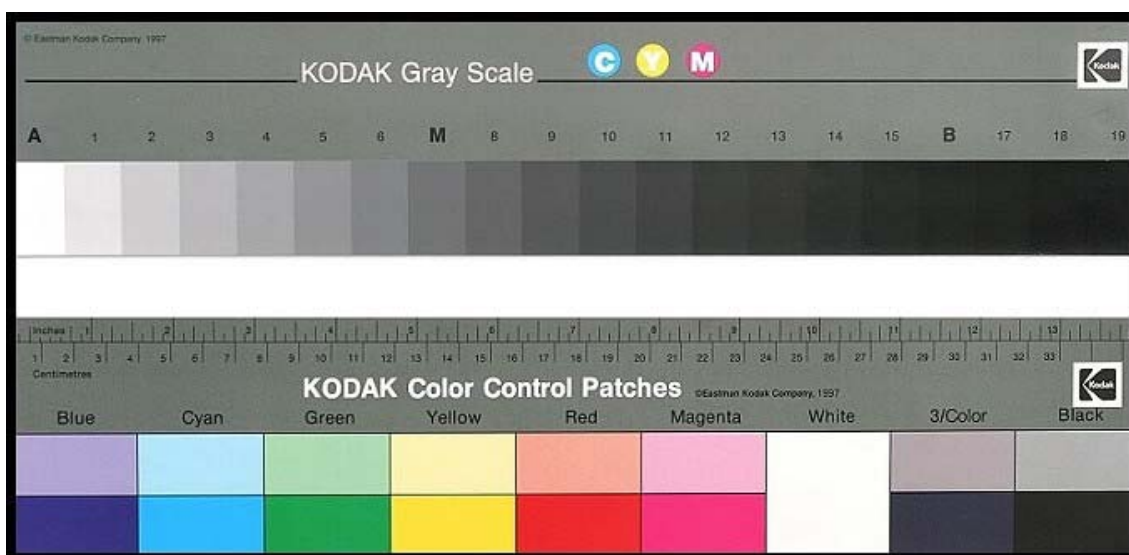


Figura 19 – Guida colori Kodak

### 5.2.6 Struttura

Con il termine struttura si intende la presenza o l'assenza di discontinuità, precisando la spaziatura, le laminazioni e tutti gli indizi legati a processi di alterazione o trasporto.

### 5.2.7 Particolarità aggiuntive

Con questo termine si intende tutte le caratteristiche significative, ai fini della schematizzazione geotecnica, che non siano già inserite nei parametri precedentemente elencati (radici, manufatti, fossili, residui organici vegetali, concrezioni).

### 5.2.8 Litologia ed origine

Il tipo di litologia è stato definito basandosi sui criteri classificativi dello Studio Geotecnico Italiano s.r.l.

---

## 6 Attrezzature impiegate

---

SONDA CINGOLATA:	PUNTEL	PX 600
Coppia torcente	kg x m	600
Spinta	kg	6700
Tiro	kg	8000
Rotazione	giri/min.	220-650

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI E DELLE PROVE IN SITU.....</b>	<b>3</b>
3.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	3
3.1.1	Sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo.....	3
3.2	STANDARD PENETRATION TEST (SPT).....	11
3.3	PROVA SCISSOMETRICA (TORVANE) E PENETROMETRICA (POCKET PENETROMETER).....	15
<b>4</b>	<b>FORI ATTREZZATI.....</b>	<b>16</b>
4.1	POSA IN OPERA DI TUBI PIEZOMETRICI.....	16
4.1.1	Piezometro a tubo aperto in PVC.....	16
<b>5</b>	<b>MODALITÀ DESCRITTIVE.....</b>	<b>18</b>
5.1	RAPPORTO STRATIGRAFICO.....	18
5.2	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA.....	19
5.2.1	Denominazione geologica della formazione.....	19
5.2.2	Tipo di terreno.....	19
5.2.3	Condizioni di umidità naturale.....	20
5.2.4	Consistenza.....	21
5.2.5	Colore.....	21
5.2.6	Struttura.....	22
5.2.7	Particolarità aggiuntive.....	22
5.2.8	Litologia ed origine.....	22
<b>6</b>	<b>ATTREZZATURE IMPIEGATE.....</b>	<b>22</b>

### **Allegati:**

- **Log Stratigrafici**
- **Schede fotografiche**





**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

COMMITTENTE: ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

UBICAZIONE: BOLZANO (BZ) - VIA DELLA STAZIONE

Sondaggio/Pit:

S 1

Cassetta:

1

TECNICO: dott. geol. Dario Gubertini

OPERATORE: sig. Flavio Tenaglia

SONDA: PUNTEL PX 600



0.00	Asfalto	Ghiaia con sabbia	1.00
1.00		Ghiaia con sabbia	2.00
2.00		Ghiaia con sabbia	3.00
3.00		Ghiaia con sabbia	4.00
4.00		Ghiaia con sabbia	5.00





**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

COMMITTENTE: ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

UBICAZIONE: BOLZANO (BZ) - VIA DELLA STAZIONE

Sondaggio/Pit:

S 1

Cassetta:

2

TECNICO: dott. geol. Dario Gubertini

OPERATORE: sig. Flavio Tenaglia

SONDA: PUNTEL PX 600



5.00	Ghiaia con sabbia	6.00
6.00	Ghiaia con sabbia	7.00
7.00	Ghiaia con sabbia	8.00
8.00	Ghiaia con sabbia	9.00
9.00	Ghiaia con sabbia	10.00



**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

COMMITTENTE: ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

UBICAZIONE: BOLZANO (BZ) - VIA DELLA STAZIONE

Sondaggio/Pit:

S 1

Cassetta:

3

TECNICO: dott. geol. Dario Gubertini

OPERATORE: sig. Flavio Tenaglia

SONDA: PUNTEL PX 600



10.00	Ghiaia con sabbia		11.00
11.00	Ghiaia con sabbia	Sabbia media e grossa	12.00
12.00	Sabbia media e grossa	Ghiaia con sabbia	13.00
13.00	Ghiaia con sabbia		14.00
14.00	Ghiaia con sabbia	Ghiaia limosa e sabbiosa	15.00



**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

COMMITTENTE: ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

UBICAZIONE: BOLZANO (BZ) - VIA DELLA STAZIONE

Sondaggio/Pit:

S 1

Cassetta:

4

TECNICO: dott. geol. Dario Gubertini

OPERATORE: sig. Flavio Tenaglia

SONDA: PUNTEL PX 600



15.00	Ghiaia limosa e sabbiosa		16.00
16.00	Ghiaia limosa e sabbiosa	Ghiaia con sabbia	17.00
17.00	Ghiaia con sabbia		18.00
18.00	Ghiaia con sabbia		19.00
19.00	Ghiaia con sabbia		20.00



**imprefond**

GEOTECNICA E LAVORI SPECIALI  
DEL SOTTOSUOLO

TRIESTE - via dei Cosulich, 8 - +39 040 827789  
Grumo/S. Michele All'Adige (TN) - Via Tonale, 30 - +39 0461 650277

COMMITTENTE: ICM ITALIA GENERAL CONTRACTOR

PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA

UBICAZIONE: BOLZANO (BZ) - VIA DELLA STAZIONE

Sondaggio/Pit:

S 1

Cassetta:

5

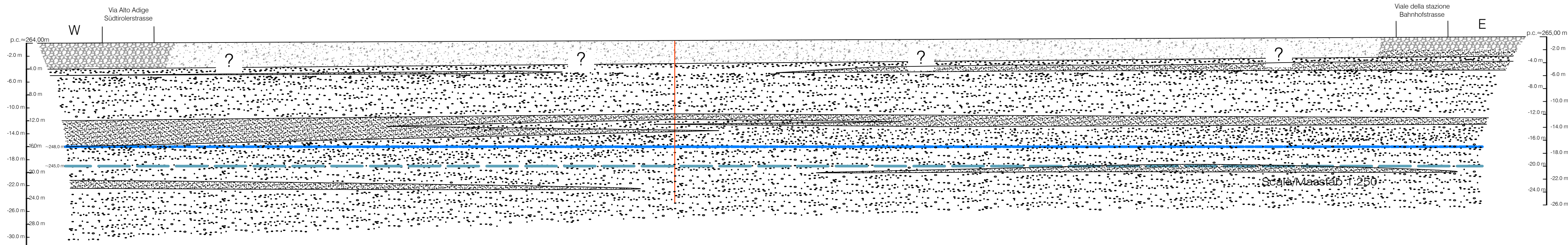
TECNICO: dott. geol. Dario Gubertini

OPERATORE: sig. Flavio Tenaglia

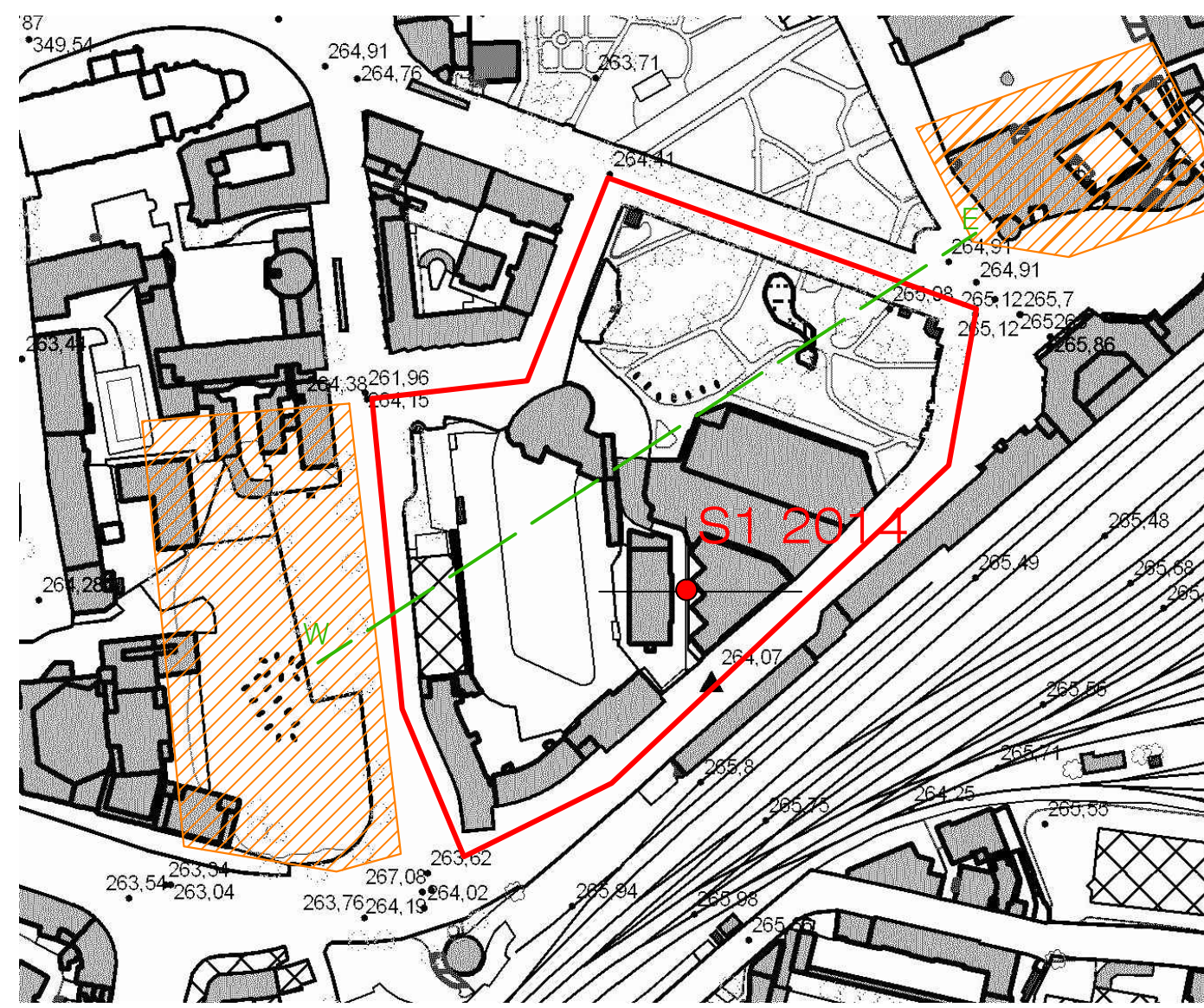
SONDA: PUNTEL PX 600



20.00	Ghiaia con sabbia	21.00
21.00	Ghiaia con sabbia	22.00
22.00	Ghiaia con sabbia	23.00
23.00	Ghiaia con sabbia	24.00
24.00	Ghiaia con sabbia	25.00



Planimetria delle indagini pregresse  
Lageplan der schon durchgeführter Untersuchungen



LEGENDA/LEGENDE:

Sezione / Schnitt:

- Terreni certamente di riporto / Sicherlich Auftragsmaterial
- Terreni rimaneggiati e possibili riporti / Überarbeiteter Boden und mögliche Auftragsmaterialien
- Livelli fini di sabbie limose / Sandige und schluffige Feinschichten
- Livelli grossolani ghiaiosi / Grobe Kiesschichten

— — — — — Livello massimo teorico della falda / Maximale theoretic Höhe des Grundwasserspiegels

— — — — — Falda (Luglio 2014) / Höhe des Grundwasserspiegels (Juli 2014)

? Incertezza nella ricostruzione stratigrafica/Unsicherheit des stratigraphischen Modelles

Planimetria / Lageplan:

- Perimetro dell'area in esame / Umfang des Untersuchungsgebietes
- Aree indagate nel passato / Schon untersuchte Bereiche
- Traccia di sezione litostratigrafica/ Litostratigraphischer Schnitt

Planimetria punti di monitoraggio della falda  
Messpunkte des Grundwasserspiegels



# ICM

## ITALIA GENERAL CONTRACTOR S.r.l.

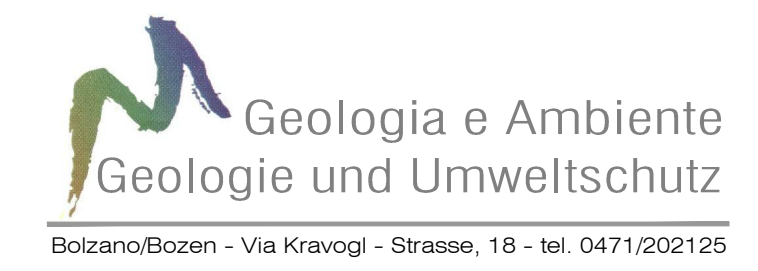
PROGETTAZIONE DI UN CENTRO COMMERCIALE IN  
ZONA STAZIONE A BOLZANO

ENTWURF EINES EINKAUFSZENTRUMS IM  
BAHNHOFBEREICH IN DER GEMEINDE BOZEN

RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE di caratterizzazione e modellazione geologica del sito  
INTEGRAZIONE/ INTEGRATION  
GEOLOGISCHE VORBERICHT für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

TAVOLA/PLAN:	<b>1</b>	Sezione litostratigrafica e Planimetrie Stratigraphischer Schnitt und Lagepläne	SCALA / MASSTAB: <b>1:250</b>
			N'REL / BER.: <b>1637/2/14</b>
			DATA / DATUM: <b>8/2014</b>

TIMBRI:



Dott. Michele Nobile  
Dott. Lorenzo Cadrobbi  
Dott. Stefano Paternoster  
Dott. Claudio Valle