

COMMITTENTE



COMUNE DI PALERMO AREA INFRASTRUTTURE E TERRITORIO

PROGETTISTA

ATI:



(Capogruppo Mandataria)



DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTE

METROPOLITANA AUTOMATICA LEGGERA DELLA CITTA' DI PALERMO PRIMA LINEA TRATTA FUNZIONALE ORETO/NOTARBARTOLO

PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	NOME FILE
MPA1	PP	GET	INRS01	2		GET_INRS01_2.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	PROGETTISTA
2	settembre 2006	REVISIONE GENERALE	Canzoneri	Speciale	Checchi	Piscitelli	
1	AGOSTO 2006	AGGIORNAMENTO DATA DI CONSEGNA E REVISIONE PER ELABORAZIONE INDAGINI	Canzoneri	Speciale	Checchi	Piscitelli	
0	MAGGIO 2006	EMISSIONE ELABORATI OPERE CIVILI	Canzoneri	Speciale	Checchi	Piscitelli	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

1	PREMESSA	3
2	CENNO SULLA GEOLOGIA	3
3	INDAGINI	4
4	TERRENI	8
4.1	Terreni di riporto	9
4.2	Coltre superficiale	9
4.3	Complesso calcarenitico	11
4.4	SABBIA LIMOSA GRIGIO VERDASTRA	15
4.5	Ghiaie e conglomerati	16
4.6	Terreni e rocce del Flysch Numidico	16
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE	18
6	FALDA	20
7	RAPPORTI OPERE - TERRENI	21
7.1	STAZIONE SVINCOLO ORETO	21
7.2	STAZIONE ORETO SUD	22
7.3	STAZIONE ORETO NORD	22
7.4	STAZIONE GIULIO CESARE	22
7.5	STAZIONE BORSA	23
7.6	STAZIONE MASSIMO	23
7.7	STAZIONE POLITEAMA	24
7.8	STAZIONE ARCHIMEDE	25
7.9	STAZIONE NOTARBARTOLO	25
7.10	GALLERIE FERROVIARIE	26
8	CLASSI DI SCAVO	27
9	BIBLIOGRAFIA	28



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

APPENDICI:

APPENDICE A: QUADRO DI SINTESI DEI SONDAGGI E DELLA STRUMENTAZIONE INSTALLATA

APPENDICE B: QUADRO DI SINTESI DELLE PROVE DI LABORATORIO

APPENDICE C: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

APPENDICE D: RISULTATI DELLE PROVE IN SITO

APPENDICE E: RILIEVO DELLA FALDA

ALLEGATI:

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INSZO1-1: RAPPORTI OPERE-TERRENI

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPPO1-0: STRALCI PLANIMETRICI CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO1-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 1

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO2-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 2

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO3-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 3

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO4-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 4

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO5-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 5

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INPRO6-1: PROFILO GEOTECNICO – TAV 6

ALLEGATO MPA1-PP-GET-INRSO1-0: ELABORAZIONI PROVE DI LABORATORIO



1 PREMESSA

Nell'ambito della progettazione preliminare della tratta funzionale Oreto – Notarbartolo della Prima linea della Metropolitana Automatica Leggera di Palermo, è stato effettuato lo studio geotecnico generale afferente le opere in oggetto.

Queste ultime comprendono essenzialmente due gallerie, che corrono in affiancamento dal quartiere Brancaccio alla periferia Sud-Est, dove è prevista la stazione di partenza ed un'area deposito, fino alla stazione Notarbartolo, per complessivi 6,5 km circa. Il ricoprimento varia da un minimo di 7 ÷ 8 m ad un massimo di circa 35 m.

Lungo il percorso si incontrano le stazioni intermedie di Oreto Sud, Oreto Nord, Giulio Cesare, Borsa, Massimo, Politeama, Archimede e Notarbartolo. Tutte le stazioni sono interrato. Dopo circa un terzo del percorso le gallerie sottopassano il Fiume Oreto, sotto un ricoprimento massimo di circa 15 m.

L'incarico di consulenza geotecnica riguarda l'assistenza alle indagini geotecniche in sito e di laboratorio; l'analisi e la sintesi dei risultati delle indagini; la caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce presenti lungo il tracciato; la ricostruzione del profilo geotecnico lungo l'intera opera in progetto e di sezioni significative in corrispondenza delle stazioni.

Nella presente relazione, dopo un cenno sull'inquadramento geologico dell'area, si illustrano i risultati dello studio, che è stato sviluppato sulla base delle indagini svolte e dei dati sui terreni del sottosuolo di Palermo disponibili nella letteratura tecnica.

2 CENNO SULLA GEOLOGIA

Il tracciato della metropolitana Leggera in studio attraversa in senso longitudinale tutto il settore centro meridionale della Piana di Palermo.

La Piana è delimitata verso l'interno da pendici carbonatiche che rappresentano le estreme propaggini settentrionali del complesso geologico noto come i Monti di Palermo, nel cui contesto si inquadra l'assetto geologico dell'area di progetto.

I Monti di Palermo costituiscono una porzione occidentale dell'elemento "esterno" della Catena Maghrebide Siciliana e sono costituiti, a loro volta, da una serie di unità tettoniche derivanti da una fase deformativa compressionale che ne ha determinato la sovrapposizione reciproca. Tale tettonica, iniziata nel Terziario superiore, è stata intervallata e seguita da episodi estensionali che hanno prodotto deformazioni duttili e fragili, queste ultime espresse da una complicata griglia di sistemi di faglia a diversa orientazione.

Le unità tettoniche (Unità Stratigrafico-Strutturali) che caratterizzano questo settore dell'Orogene sono costituite da successioni carbonatiche e carbonatico-terrigene di età mesozoico-terziaria derivanti dalla deformazione dei paleodomini Panormide e Imerese, che nel Mesozoico, in un regime distensivo di separazione continentale, caratterizzavano in parte, con alti e bassi strutturali, il margine continentale africano.

Le Unità Panormidi sono sovrapposte tettonicamente su quelle Imeresi con un contatto di primo ordine, che si imposta generalmente in corrispondenza delle coperture argilloso-



marnoso-quarzarenitiche terziarie appartenenti alla Formazione del Flysch Numidico.

A seguito della tettonica recente, poi, gli originari contatti tra i corpi geologici che costituiscono l'ossatura dei Monti di Palermo sono stati ripresi ed ulteriormente dislocati. L'edificio tettonico è, infatti, sezionato da sistemi di faglia ad alto angolo, dispersi lungo direzioni prevalenti N-S, NW-SE, NE-SW a componente trascorrente, inquadrabili in un sistema neotettonico che ha interessato l'orogene già strutturato, dando luogo ad una serie di alti e bassi morfostutturali.

In corrispondenza della Piana di Palermo, impostata su una depressione morfo-strutturale, questo complicato assetto geologico-strutturale è mascherato dalla presenza di una copertura calcarenitico-sabbiosa quaternaria con spessori variabili.

Nella Piana di Palermo i terreni più antichi sono rappresentati dalle rocce carbonatiche di età mesozoica che, oltre a costituire i monti che la circondano, sono talora rinvenibili nel sottosuolo di essa sotto più o meno spesse coperture calcarenitiche (località Zen e zone pedemontane). Esse lungo il perimetro della Piana sormontano la formazione terziaria argillo-marnoso-quarzarenitica del Flysch Numidico. Quest'ultima nella Piana costituisce il substrato dei depositi quaternari ed è caratterizzata da numerosi alti e bassi morfologici, nonché da gradini di origine tettonica distribuiti irregolarmente, per cui si rinviene a quote assai variabili anche nell'ambito di zone ristrette.

I depositi quaternari, che sono i più diffusi nella Piana di Palermo, comprendono due litofacies principali:

- una superficiale, calcarenitico-sabbiosa, con spessori da pochi metri ad oltre 80 m;
- una più profonda, sottostante la precedente, costituita prevalentemente di argille sabbiose e sabbie grigie di spessore massimo intorno ai 100 m.

Alla base della serie quaternaria è talvolta presente un livello conglomeratico-ghiaioso discontinuo, di esiguo spessore ed estensione areale, depostosi sul substrato argilloso-marnoso ed originatosi a seguito dei fenomeni trasgressivi che nel Pleistocene inf. hanno interessato l'area palermitana.

La potenza complessiva dei depositi quaternari è molto variabile.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica, dove, oltre all'inquadramento geologico, sono ampiamente trattati gli aspetti riguardanti la caratterizzazione litologica dei terreni, l'inquadramento geomorfologico ed idrogeologico e la sismicità dell'area, oltre ad una descrizione di dettaglio della geologia del tracciato e dei risultati delle indagini geognostiche in sito.

3 INDAGINI

Per il riconoscimento e la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle opere è stata programmata un'ampia campagna di indagini, che comprende:

- sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- prove geotecniche in foro;
- prospezioni sismiche in foro tipo down-hole;
- installazione di piezometri Casagrande ed a tubo aperto nei fori di sondaggio;



- letture piezometriche;
- ispezioni con telecamera delle pareti dei fori di sondaggio;
- prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati o prelevati dalle cassette catalogatrici.

Il piano di indagini nei suoi criteri generali ha previsto:

PER LA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

- 1) Sondaggi ubicati lungo il tracciato con interasse tra le verticali dell'ordine dei 200 ÷ 300 m laddove è già noto un assetto geologico di maggiore omogeneità;
- 2) Sondaggi più ravvicinati, ad interasse tra 30 e 60 m circa, nelle zone geologicamente più complesse, in corrispondenza degli attraversamenti del Fiume Oreto, dei paleo-alvei Kemonia e Papireto, del *fossato cinquecentesco*, nonché nei tratti in cui sono presumibili passaggi litologici nel sottosuolo.

Nei tratti in cui già si dispone di stratigrafie di sondaggi, tali da consentire una buona caratterizzazione geologica e geotecnica, è stata prevista l'esecuzione di sondaggi di verifica.

La lunghezza dei fori è stata tale da raggiungere profondità almeno pari a 5 m al di sotto del piano del ferro.

In alcuni punti significativi la profondità di perforazione è stata finalizzata alla ricostruzione del passaggio litologico tra la formazione calcarenitico-sabbiosa e le sottostanti formazioni argilloso-sabbiosa e argilloso-marnosa. Essa è comunque compresa tra un minimo di 25 m ed un massimo di 40 m.

- 3) Sondaggi ubicati nelle aree di stazione, di lunghezza compresa fra 20 e 40 m, in numero di almeno quattro per ogni stazione.

PER LA CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

- 1) La posa in opera nei fori di sondaggio di piezometri, per la verifica ed il monitoraggio dei livelli piezometrici. I piezometri sono a tubo aperto laddove interessano terreni calcarenitico-sabbiosi e del tipo Casagrande nei terreni argillosi o limosi che lasciano presupporre la presenza di sistemi idrici multifalda.
- 2) Il monitoraggio dei livelli piezometrici. Quest'ultimo è stato eseguito a partire dalla data di effettuazione dei primi carotaggi (febbraio 2006) e si è protratto fino ai primi del mese di agosto.

Difficoltà di accesso legate alla costante presenza di automezzi nelle aree dove è ubicata la strumentazione hanno spesso impedito l'effettuazione delle misurazioni.

- 3) Prove di permeabilità in foro del tipo Lefranc o Lugeon in funzione dei tipi litologici attraversati.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione geotecnica

PER LA CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

- 1) Il prelievo campioni indisturbati all'interno dei fori di sondaggio, nei terreni della coltre superficiale e nei terreni di base, alle quote della calotta e dell'arco rovescio della galleria ed a quote superficiali in corrispondenza delle stazioni.
- 2) Prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT nei terreni prevalentemente sabbiosi, durante le perforazioni, mediamente in ragione di 1 prova ogni 3 m e fino a profondità dell'ordine dei 20 m dal p.c..
- 3) Prove pressiometriche in foro.
- 4) Prove geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati e sui campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette catalogatrici.

Riguardo al punto 4), sui campioni di terreno sono stati eseguiti cicli completi di prove di identificazione comprendenti:

- l'apertura ed il riconoscimento macroscopico;
- la determinazione del contenuto naturale d'acqua, del peso dell'unità di volume e del peso specifico dei grani;
- analisi granulometriche mediante stacciatura e sedimentazione;
- la determinazione dei limiti di consistenza.

Per la determinazione dei parametri di deformabilità e di resistenza a taglio sono state effettuate:

- prove di consolidazione edometrica ad incremento di carico;
- prove di rottura per compressione semplice a dilatazione trasversale libera;
- prove di taglio diretto consolidate drenate.

Sui campioni di roccia lapida, oltre a prove di identificazione, sono state eseguite:

- prove di compressione semplice;
- prove di carico puntuale.

PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

- Prove sismiche in foro del tipo down-hole.

Le prove hanno interessato sia singoli termini (coltre superficiale, terreni e rocce del complesso calcarenitico e del complesso sabbioso, argille del Flysch Numidica), sia un sistema bistrato.

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione geotecnica

PER LA CARATTERIZZAZIONE DI EVENTUALI CAVITÀ INTERCETTATE CON I SONDAGGI

Inizialmente era prevista l'utilizzazione della video-ispezione per un esame preliminare delle cavità riscontrate durante le perforazioni e per l'analisi di eventuali interferenze con le gallerie in progetto. Tuttavia, le indagini hanno evidenziato solo la presenza di locali "sgrottamenti" e solo in un caso, in corrispondenza del sondaggio S24 eseguito in Via Sciuti, è stato rinvenuto un vuoto, sotto falda, a profondità comprese tra 16 m e 19 m dal p.c..

Le ispezioni sono state pertanto mirate ad una migliore definizione delle caratteristiche macroscopiche delle rocce della formazione calcarenitica. A tale scopo, sono state effettuate riprese all'interno di fori di sondaggio ubicati nell'area della Stazione Oreto Nord (fori S1B28 e S2-64), della Stazione Giulio Cesare (S1B32, S2-68 e S2-69), in Via Scarlatti (S1B41) e nell'area della Stazione Archimede (S1A15).

La lunghezza dei tratti di foro ispezionati è stata limitata, in genere, a 5 ÷ 8 m a causa della presenza del rivestimento del foro di sondaggio (necessario per il mantenimento della stabilità del cavo, e/o della falda; quest'ultima è stata rinvenuta spesso a profondità comprese tra 8 m e 12 m dal piano di campagna.

E' stato anche possibile osservare una limitata porzione delle rocce quarzarenitiche (circa 3 m) presenti nell'area della Stazione Politeama all'interno del sondaggio S1B44. Anche in questo caso, la presenza contemporanea del rivestimento e della falda ha impedito ulteriori riprese.

Si segnala, infine, che è stato possibile ispezionare una porzione limitata della galleria ferroviaria dismessa, che un tempo collegava il porto con la Stazione Lolli. Le riprese sono state eseguite in Via Libertà all'altezza di Via Archimede, all'interno del preforo di un sondaggio inizialmente previsto per lo studio dei terreni della Stazione Archimede e successivamente non più effettuato a causa dello spostamento planimetrico della stessa stazione. Le riprese non sono risultate nitide, a causa del notevole pulviscolo in movimento presente all'interno del cavo.

In dipendenza di esigenze legate allo sviluppo delle fasi progettuali ed a problemi autorizzativi, il programma delle indagini è stato sviluppato in due fasi.

Una prima fase ha interessato due tratti di linea metropolitana, per i quali si avevano già indicazioni pressoché definitive relativamente al tracciato e precisamente in zona Oreto, Tratto Stazione Svincolo Oreto-Intersezione Linea F.S. Area Urbana ed in zona Libertà, Tratto Politeama-Gentili.

Con la seconda fase le indagini sono state estese all'intero tracciato.

Le indagini in sito sono state eseguite dalla SOILGEO srl, mentre le prove di laboratorio sono state effettuate dalla METRO srl, entrambe di Palermo.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica.

Gli stralci planimetrici con l'ubicazione dei sondaggi sono riportati nell'Allegato MPA1-PP-GET-INPP-01-0. Nelle Appendici A e B sono riportate le tabelle con i quadri di sintesi dei sondaggi e delle prove di laboratorio.

I risultati delle indagini in sito sono e delle prove di laboratorio sono allegati al Progetto.



In Appendice D sono riportate le elaborazioni dei risultati delle prove geofisiche e geotecniche eseguite in sito.

In particolare, per ciascuna prova Down-Hole sono indicati i terreni incontrati e sono sintetizzati i risultati. In questo caso le elaborazioni sono state fornite dalla ditta incaricata delle indagini. Nelle tabelle riepilogative sono indicati i valori delle velocità delle onde di taglio V_s , della densità γ , del modulo di Young E , del modulo di taglio dinamico G e del coefficiente di Poisson ν .

Riguardo alle prove pressiometriche, per i terreni incoerenti sono stati riportati in tabella i valori del coefficiente di Poisson ν , del modulo di taglio dinamico G , del modulo pressiometrico E , dell'angolo d'attrito φ' e dell'angolo d'attrito a volume costante φ_{cr}' , dell'angolo di dilatanza ψ . Per i terreni coesivi sono indicati i valori della coesione non drenata c_u , quando disponibile e del coefficiente di spinta a riposo k_0 .

Si è inoltre proceduto all'elaborazione delle prove SPT, tramite note correlazioni che mettono in rapporto il numero di colpi N_{30} con l'angolo d'attrito φ' , in funzione della pressione litostatica alla profondità media di prova e con la coesione non drenata c_u in funzione della plasticità. Nelle tabelle, per ciascuna prova è indicata la sigla del terreno presente alla profondità di prova e sono raccolti i valori del numero dei colpi e dei parametri c_u e φ' determinati con le elaborazioni.

Per la determinazione del coefficiente di permeabilità k , i risultati delle prove Lugeon sono stati elaborati indirettamente, tramite le unità Lugeon UL, che corrispondono all'assorbimento in l/min×min in un tratto di foro sottoposto ad una pressione di 10 atm. Per valutare la dispersione dei risultati, sono stati determinati, per ciascuna prova, i valori di UL in corrispondenza di tutte le pressioni di prova p_m applicate. Indicando con A la portata immessa durante ciascun gradino di prova, si sono valutati i valori minimo e massimo di UL, con riferimento alle coppie di valori (p_m, A) relative ai due punti la cui congiungente con l'origine del diagramma ha, rispettivamente, il minimo ed il massimo coefficiente angolare. La differenza tra UL_{min} e UL_{max} fornisce un indice di qualità delle prove. Dai valori di UL ottenuti si ricava il coefficiente di permeabilità k , che corrisponde approssimativamente a $1 UL \times 10^{-5} \text{cm/s}$. Nelle tabelle di riepilogo, per ciascuna prova si riportano, i valori delle unità Lugeon UL determinate in corrispondenza di ciascuna pressione di prova. Sono inoltre indicati la data di esecuzione, il diametro del foro e le quote di fondo foro e di installazione del packer.

4 TERRENI

I dati dei parametri fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce, che consentono una caratterizzazione del sottosuolo ai fini geotecnici, sono stati ricavati dai risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio effettuate nel corso della presente fase di progettazione. Si è inoltre fatto riferimento ai sondaggi messi a disposizione dal Consulente Geologo e dal Consulente Geotecnico, allegati alla Relazione Geologica, nonché a quelli riportati nella bibliografia tecnica (v. paragrafo 9).

Nell'Allegato MPA1-PP-GET-INRS01-0 sono riportati i grafici comprendenti le elaborazioni dei risultati delle prove di laboratorio.

Alla luce delle conoscenze acquisite, i terreni e le rocce che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici, sono stati raggruppati in 6 classi, per ciascuna delle quali possono distinguersi i termini principali indicati nella tab. 4.A.



4.1 TERRENI DI RIPORTO

I terreni di riporto **TR** sono costituiti di materiali molto eterogenei, generalmente pezzi e frammenti di calcarenite, cocci di laterizi, variamente e disordinatamente frammisti a limo con sabbia, sabbia limosa o debolmente limosa, ghiaia talora grossa. Si rinvengono in superficie con continuità, per spessori alquanto variabili, fino ad un massimo di circa 7 m (area della Stazione Borsa).

La composizione granulometrica è compresa all'interno di un'ampia fascia, che va dal limo con ghiaia sabbioso argilloso alla ghiaia sabbiosa.

I risultati di prove meccaniche eseguite nel corso di altre indagini sui materiali in oggetto mostrano valori dell'angolo di resistenza a taglio φ' piuttosto elevati, mai inferiori a 30° .

Prove in sito eseguite in aree limitrofe del palermitano. hanno fornito valori del coefficiente di permeabilità k compresi fra 10^{-3} e 10^{-2} cm/s.

4.2 COLTRE SUPERFICIALE

I terreni di copertura sono costituiti essenzialmente di *terre rosse*, terreni alluvionali a grana fina, alluvioni a grana grossa e terreni detritici.

Le terre rosse **LR** sono costituite di limo sabbioso e limo argilloso, talora sabbia limosa, di colore rossastro, poco consistente, con un contenuto naturale d'acqua w_n maggiore del limite di plasticità w_p . Spesso contengono elementi calcarenitici e terreno vegetale.

Dal punto di vista granulometrico sono classificabili come limo con sabbia argilloso. I terreni sono di plasticità media e di attività alta.

I terreni alluvionali a grana fina sono presenti nell'area del fiume Oreto e dei paleoalvei Kemonia e Papireto. In questa fase degli studi sono stati distinti tre termini **LO**, **SL**, **ALF**.

I terreni **LO** sono costituiti di limo e limo argilloso di colore nerastro, da poco consistente a molle, con un contenuto naturale d'acqua w_n molto maggiore del limite di plasticità w_p . Sono ricchi di sostanza organica, di torba e di filamenti di alghe; a tratti i residui vegetali conservano la struttura legnosa. Nella massa si rinvengono elementi lapidei della dimensione della ghiaia.

I livelli torbosi sono caratterizzati da valori molto bassi del peso dell'unità di volume ($\gamma \cong 14$ kN/m³).

I limi molli LO si rinvengono prevalentemente nell'area attorno a Piazza Borsa, fino ad una profondità di circa 26 m dal p.c., intercalati alla sabbia limosa SL e, più raramente, in corrispondenza del fiume Oreto, fino a profondità di 35 m. In quest'ultimo caso sono presenti in livelli di 2 ÷ 3 m all'interno delle alluvioni a grana fina ALF.

In laboratorio sono stati determinati i seguenti valori delle proprietà indici:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 18 \div 19$ kN/m³;
- contenuto naturale d'acqua $w_n = 0,38 \div 0,50$;
- limite di plasticità $w_p = 0,20 \div 0,24$;



- limite di liquidità $w_L = 0,43 \div 0,56$.

Il contenuto d'acqua risulta sempre molto maggiore del limite di plasticità, talora prossimo o addirittura superiore rispetto al limite di liquidità. La plasticità è medio-alta; l'attività è bassa.

La granulometria varia dall'argilla con limo al limo sabbioso argilloso ghiaioso. Il grado di saturazione S è pari all'unità.

La compressibilità è molto elevata; i valori del modulo di compressione edometrica E' , ricavati dall'elaborazione dei risultati di tre prove di compressione edometrica, sono compresi tra 1,5 MPa e 6 MPa per pressioni verticali effettive σ' variabili nell'intervallo $7 \div 60 \text{ N/cm}^2$.

I parametri di resistenza al taglio, ricavati da due prove di taglio diretto di tipo consolidato drenato effettuate su campioni con un'elevata frazione sabbiosa, ricadono nei seguenti intervalli:

$$c' = 0; \quad \varphi' = 26^\circ \div 30^\circ$$

Il termine **SL** indica la sabbia a grana grossa, sabbia limosa e limo sabbioso, di varia natura, che si rinviene nella zona di Piazza Borsa, fino ad una profondità di circa 27 m dal piano di campagna, intervallata al limo organico LO.

Si presenta di colore variabile dal giallastro al grigio al nerastro, con laterizi, ossa, torba, residui vegetali, conchiglie ed elementi lapidei calcarenitici.

La sabbia SL è da poco a mediamente addensata.

Il contenuto naturale d'acqua è compreso in un'ampio intervallo ($w = 0,28 \div 0,50$) e risulta molto variabile anche in relazione alla profondità dal piano di campagna. In un caso è stato misurato un valore di w molto elevato, pari a 0,81.

La composizione granulometrica è varia dal limo con sabbia argilloso alla ghiaia con sabbia limosa.

Con la sigla **ALF** sono state classificate le alluvioni a grana fina, costituite di limo e limo sabbioso, sabbia limosa, a tratti sabbia debolmente limosa. Sono presenti lungo il F. Oreto, in livelli variabili da 2 ÷ 3 m ad alcuni metri, alternate ad alluvioni a grana grossa. I livelli più sabbiosi sono generalmente sciolti. Si rinvengono inoltre lenti di sabbia fina e media ed elementi lapidei della dimensione della ghiaia.

Sono in genere di colore grigio o nerastro; anche in questo caso può essere presente sostanza organica e possono rinvenirsi filamenti di alghe.

La composizione granulometrica è variabile dal limo con argilla alla sabbia con limo con argilla.

Il contenuto naturale d'acqua w_n , compreso tra 0,21 e 0,34, è sempre maggiore del limite di plasticità w_p ($w_p = 0,17 \div 0,22$). Il limite di liquidità w_L varia tra 0,36 e 0,50. La plasticità è media; l'attività è bassa.

Il grado di saturazione S è prossimo o pari all'unità. Il peso dell'unità di volume γ è compreso tra 19 e 20 kN/m^3 ;

La compressibilità è medio-alta. Il modulo edometrico E' , nell'intervallo di pressione verticale effettiva $\sigma' = 7 \div 60 \text{ N/cm}^2$, è compreso tra 3 e 12 MPa.



I risultati delle prove di taglio diretto forniscono valori di coesione molto bassi o nulli e valori dell'angolo d'attrito φ' maggiori di 25°.

Le alluvioni a grana grossa comprendono i termini **SG** e **GS**, che si differenziano essenzialmente per la percentuale di frazione ghiaiosa; all'interno di tali classi vengono anche classificate le alluvioni terrazzate presenti lungo la sponda sinistra del F. Oreto.

I terreni SG sono classificabili dal punto di vista granulometrico come sabbia con ghiaia limosa talora argillosa, mentre le alluvioni GS sono costituite di ghiaia e blocchi in matrice sabbiosa limosa.

In entrambi i casi gli elementi lapidei sono di varia natura e si presentano a spigoli arrotondati, di forma prevalentemente tondeggianti.

Su tali termini non sono state eseguite specifiche prove di laboratorio.

Il detrito DT è presente in una zona molto limitata dell'area in studio e, in particolare, nella zona dove è prevista la costruzione della Stazione Svincolo Oreto (sondaggi S1A2, S1B20, S2-56). Con la stessa sigla sono stati classificati i terreni presenti a Piazza Politeama, in corrispondenza del foro S2-84, al di sopra delle argille del Flysch Numidico.

Si tratta di sabbia limosa e limo sabbioso di colore avana giallastro, con inclusi elementi lapidei di natura prevalentemente calcarenitica e calcarea a spigoli arrotondati o parzialmente arrotondati.

Si segnala, infine, che tra i terreni della coltre superficiale è stato inserito anche il termine **BR**, che identifica la breccia di faglia presente lungo tutta la verticale S2-53 eseguita al margine S-E dell'area interessata dal progetto, in prossimità del *deposito*.

Il termine BR comprende terreni di varia natura e granulometrica e, in particolare:

- sabbia fina e grossa calcarea di colore biancastro, con frammenti di calcare delle dimensioni della ghiaia e dei blocchi. La sabbia assume spessori compresi tra 1 m e 4 m;
- ghiaia e blocchi di natura calcarea con fossili e coralli;
- calcarenite organogena di colore biancastro, ben cementata, caratterizzata da valori dell'indice di qualità della roccia RQD del 10 ÷ 20 % e sabbia calcarenitica giallastra. Questi termini raggiungono uno spessore massimo di circa 10 m;
- calcare compatto e ben cementato di colore biancastro. In profondità il calcare è molto fratturato, vacuolare, sempre ben cementato, con cristalli di pirite.

4.3 COMPLESSO CALCARENITICO

Il complesso calcarenitico comprende una vasta gamma di rocce tenere e terreni a grana fina, fra loro differenti per caratteristiche fisiche e macrostrutturali.

I numerosi studi svolti nell'area palermitana hanno portato ad identificare nell'ambito del complesso, tra le rocce tenere, i termini lapidei **CL**, **CN** **CV** di seguito descritti. Il



riconoscimento della successione dei vari tipi di materiale lungo una verticale è spesso incerto per le difficoltà di estrarre carote relativamente indisturbate in un terreno spiccatamente eterogeneo. Il comportamento meccanico è alquanto variabile ed è compreso fra quello tipico dei materiali incoerenti e quello delle rocce lapidee compatte.

I termini a grana fina, sui quali si riferisce nella seconda parte del paragrafo, sono stati raggruppati sotto le sigle **Sc** e **SLc**, mentre con la sigla **LA** sono stati indicati i livelli di limo argilloso presenti nella zona in destra Oreto, al di sopra ovvero intercalati alla roccia calcarenitica.

La calcarenite **CL** ha grana piuttosto uniforme e cemento prevalentemente calcareo uniformemente distribuito. Il colore è variabile dal giallastro, al biancastro (v. foto 1 e 2 in Appendice C), al grigio.

La roccia spesso è fossilifera e può presentarsi porosa e vacuolare, con cavità di forma tondeggiate ovvero allungata. Mostra patine di ossidazione ocra e rossastre e pigmento; spesso è stratificata.

Il grado di cementazione varia fra quello modesto della calcarenite friabile e facilmente disgregabile e quello della calcarenite fortemente cementata.

Frequentemente, per effetto delle operazioni di perforazione e di prelievo, la calcarenite ha subito una fratturazione nei punti meno cementati. In tal caso, la roccia si presenta nelle cassette catalogatrici suddivisa in elementi di forma irregolare, della dimensione della ghiaia, in genere ben cementati, intercalati a livelli di sabbia e sabbia limosa; questi ultimi termini sono stati classificati con le sigle **CLs** e **Sc**. In altri casi, la sabbia presente in livelli ovvero come riempimento di cavità è stata persa durante le operazioni di campionamento (v. foto 3 e 5). Nei casi estremi, la calcarenite, debolmente cementata, è stata carotata come sabbia Sc (v. foto 4).

I termini CLs analizzati in laboratorio presentano una granulometrica compresa tra la sabbia limosa debolmente argillosa e la ghiaia con sabbia limosa. Si osserva, che dal punto di vista granulometrico tali terreni si differenziano poco dalla sabbia Sc sulle quali si riferisce più avanti.

All'interno della calcarenite CL sono presenti livelli di sabbia o limo di colore marrone giallastro, identificati con la sigla **SLc**.

Si segnala che lungo il sondaggio S1B24 eseguito in Via Sciuti, tra le profondità di 16 m e 19 m è stata accertata la presenza di una cavità alla base della calcarenite CL.

Con la sigla **CV** sono state classificate le calcareniti fossilifere e le breccie conchigliari vacuolari ben cementate (v. foto 10); la distribuzione del cemento è irregolare, spesso alternate ai termini **CL**.

I termini CL e CV sono stati rinvenuti per spessori compresi in genere tra pochi decimetri e 2 ÷ 3 m; solo in casi sporadici (v. ad esempio nel sondaggio S1B41 eseguito in Via Scalrlatti) sono stati riscontrati spessori maggiori di 6 m.

In tabella 4.B si riportano i valori dell'indice di qualità della roccia misurati per la calcarenite CL e per quella vacuolare CV.

Si osserva che nella zona di Via Oreto, in destra orografica del fiume, si sono misurati valori di RQD solo in due casi e per spessori alquanto limitati. Nell'area di Via Maqueda sono stati misurati, per la calcarenite CL, valori di RQD variabili tra l'11% ed il 31% (sondaggio S2-79) e



tra il 33 % ed il 60% (sondaggio S1A14 – Via Scarlatti). In corrispondenza della Stazione Massimo si hanno valori di RQD del $25 \div 37$ %, limitatamente a tratti di 1 m (fori S1B42, S1B43 e S2-80). Lungo la Via Ruggero Settimo l'indice RQD risulta compreso tra il 10% ed il 59% (sondaggi S1A8, S2-82) ed interessa entrambi i termini CL e CV, mentre a Piazza Politeama l'indice è pari a circa il 10% (sondaggio S1A10 – calcarenite CL)

La calcarenite **CN** è formata da noduli di forma irregolare con dimensioni comprese fra qualche centimetro ed alcuni decimetri. Il singolo nodulo è fortemente cementato. I noduli sono in contatto lungo superfici poco estese e fra loro strettamente interconnessi; gli spazi internodulari sono riempiti da sabbie giallastre.

Tra i termini della formazione calcarenitica, la roccia CN è stata quella incontrata con meno frequenza, essendo presente solo in corrispondenza delle verticali di sondaggio S1B21, S2-57 per spessori di circa 2 m.

La porosità effettiva n_e della calcarenite é generalmente compresa fra 0,23 e 0,37.

I parametri meccanici che è possibile attribuire alle calcareniti sono stati stimati dai risultati delle prove SPT, che hanno fornito valori dell'angolo d'attrito sempre maggiori di 45°. Si è inoltre fatto riferimento alle osservazioni sul comportamento di numerose fronti di scavo nella città di Palermo. Da queste, mediante analisi di stabilità a ritroso, si possono dedurre valori apprezzabili della coesione e valori dell'angolo.

L'analisi dei dati di resistenza a rottura σ_f , relative a prove eseguite nel territorio palermitano, oltre a quelle effettuate nel corso dei presenti studi, evidenzia una marcata correlazione tra le caratteristiche fisiche e quelle meccaniche delle calcareniti. I dati sperimentali si distribuiscono, infatti, secondo una funzione esponenziale crescente. La resistenza a rottura σ_f va da pochi MPa ad oltre 20 MPa, con i valori più bassi per le calcareniti CN.

Riguardo alla deformabilità, dal confronto fra i dati di laboratorio e i dati riportati nella letteratura specializzata derivanti da sperimentazioni effettuate nel corso di lavori nell'area palermitana, possono stimarsi, i valori del modulo di Young E compresi tra $100 \div 5.000$ MPa. L'ampiezza dell'intervallo dei valori di E può spiegarsi con l'estrema variabilità dello stato fisico nel quale tali rocce si presentano, con particolare riferimento alla compattezza e al grado di cementazione.

La permeabilità misurata con prove in sito é risultata compresa tra 10^{-5} cm e 10^{-4} cm/s; tuttavia, la permeabilità *in grande* delle rocce calcarenitiche è molto più elevata.

Come detto in precedenza, sotto le sigle **Sc** e **SLc** sono stati raggruppati i termini a grana fina che si rinvencono all'interno delle rocce calcarenitiche.

La sabbia **Sc** è il termine rinvenuto con maggiore frequenza all'interno della formazione calcarenitica, probabilmente a causa del basso grado di cementazione che caratterizza la calcarenite CL ed al disturbo arrecato dal campionamento. Si rinviene, infatti, in quasi tutti i sondaggi, per spessori che possono superare anche i 20 m. Talvolta è intercalata alla calcarenite CL, ovvero ai terreni sabbioso limosi S e LS. Può contenere noduli di calcarenite organogena, livelli anche decimetrici di ghiaia calcarenitica e frammenti di fossili

Presenta granulometrica compresa tra la sabbia limosa argillosa e la ghiaia con sabbia.



In laboratorio sono stati misurati valori dell'angolo d'attrito φ' maggiori di 35° . Le prove SPT hanno fornito valori di φ' anche maggiori di 45° .

La compressibilità è da media a bassa. Il modulo di compressione edometrica E' è sempre risultato maggiore di 20 MPa.

Il coefficiente di permeabilità k misurato in sito è dell'ordine di $10^{-5} \text{ cm} \div 10^{-4} \text{ cm/s}$.

I terreni **SLc** sono costituiti di sabbia e sabbia debolmente limosa o limosa, da mediamente a ben addensata, di colore variabile dal giallastro al rossastro; talora ha la granulometrica del limo sabbioso e colorazione giallastra.

Anche questi termini si rinvengono molto frequentemente e presentano venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti. Sono anche presenti elementi di ghiaia a spigoli arrotondati e frammenti di calcarenite.

Il contenuto naturale d'acqua w varia tra 0,16 e 0,29; il peso γ vale circa 20 kN/m^3 .

La composizione granulometrica è compresa tra il limo con sabbia con argilla e la sabbia con ghiaia debolmente argillosa.

Da due prove di taglio diretto CD si ottengono valori di coesione effettiva $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$ e dell'angolo d'attrito $\varphi' = 27^\circ \div 36^\circ$. Dalle prove SPT si ottengono valori di φ' maggiori di 38° .

Il modulo di compressione edometrica risulta compreso tra 5 MPa e 20 MPa.

Con il termine **LA** sono stati indicati i livelli di limo argilloso presenti nella zona in destra Oreto, al di sopra ovvero intercalati alla roccia calcarenitica. Si tratta, in particolare, di limo argilloso a tratti sabbioso di colore giallastro rossastro, da consistente a poco consistente, con venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti

Alle proprietà indici possono essere attribuiti i seguenti valori dedotti dalle prove di laboratorio:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$;
- contenuto naturale d'acqua $w_n = 0,21 \div 0,34$;
- limite di plasticità $w_p = 0,18 \div 0,22$;
- limite di liquidità $w_L = 0,29 \div 0,56$.

La plasticità è da media ad alta, l'attività bassa.

La composizione granulometrica è compresa tra l'argilla con limo e la sabbia con limo argillosa.

Dai risultati di nove prove di taglio diretto CD si ricavano valori di coesione effettiva c' ed angolo d'attrito effettivo φ' :

$$c' = 5 \div 10 \text{ kPa} ; \quad \varphi' = 22^\circ \div 30^\circ.$$

Su un campione caratterizzato da un'elevata frazione sabbiosa è stato ottenuto un valore di φ'



= 37°.

La compressibilità è media: i valori del modulo di compressione edometrica E' si attestano infatti tra 5 MPa e 15 MPa nell'intervallo di pressioni verticali $\sigma' = 70 \div 600$ kPa. Il coefficiente di consolidazione c_v vale circa 10^{-4} cm²/s.

4.4 SABBIA LIMOSA GRIGIO VERDASTRA

Le sigle **S** e **LS** raggruppano terreni costituiti di sabbia limosa o debolmente limosa e limo sabbioso, di colore grigio o grigio-verdastro, presenti in genere al di sotto delle rocce calcarenitiche lungo l'intero tracciato delle opere in progetto. Tali termini, infatti, non si rinvencono solo tra le stazioni Massimo e Politeama.

Lo spessore può superare i 50 m, come accertato nel corso di perforazioni effettuate nella borgata di Acqua dei Corsari.

Spesso il passaggio tra i due terreni è continuo, tuttavia nel corso delle presenti indagini sono risultati prevalenti i termini **S**.

Sono riccamente fossiliferi e possono contenere elementi di ghiaia calcarenitica di colore giallastro o grigio a spigoli parzialmente arrotondati e noduli di calcarenite organogena. Le conchiglie si rinvencono integre ovvero in frammenti e sono distribuite nella massa o sotto forma di sottili lenti formate da minuti gusci. Sono inoltre presenti veli di sabbia, livelli torbosi e frustoli carboniosi nerastri.

La permeabilità del complesso varia tra 10^{-5} cm e 10^{-4} cm/s.

Riguardo più specificatamente i termini **S**, è stato osservato un grado di addensamento molto variabile, anche se generalmente tali terreni sono da mediamente a ben addensati.

La composizione granulometrica è compresa fra il limo con argilla e la sabbia limosa debolmente argillosa.

Il contenuto naturale d'acqua w_n è molto variabile ($w_n = 0,17 \div 0,41$)

Il peso dell'unità di volume γ è compreso tra 19 e 20 kN/m³; il grado di saturazione **S** è prossimo all'unità.

I parametri di resistenza a taglio a lungo termine valgono:

$$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}; \quad \varphi' = 35^\circ \div 45^*$$

Le prove SPT forniscono valori dell'angolo d'attrito generalmente maggiori di 35°.

Il modulo edometrico E' è variabile fra 5 e 70 MPa per $\sigma' = 5 \div 25$ kPa.

Il terreno **LS** ha granulometrica compresa tra l'argilla con limo ed il limo con sabbia argilloso.

I principali parametri indice valgono:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 18 \div 20,5$ kN/m³;
- contenuto naturale d'acqua $w_n = 0,20 \div 0,42$;
- limite di plasticità $w_p = 0,17 \div 0,22$;
- limite di liquidità $w_L = 0,32 \div 0,50$.



Dai risultati di numerose prove di taglio diretto CD si ricava:

$$c' = 0 \div 20 \text{ kPa} ; \quad \varphi' = 24^\circ \div 34^\circ.$$

Il modulo edometrico E' è variabile fra 5 e 15 MPa.

4.5 GHIAIE E CONGLOMERATI

Le ghiaie **G** sono costituite di elementi calcarei e calcarenitici, a spigoli arrotondati, talora frammiste a sabbia grossa. Si rinvencono talora in livelli sub-orizzontali di spessore 10 ÷ 15 cm, intercalate alle calcareniti.

I conglomerati **CG** sono anch'essi intercalati alle calcareniti. Sono rocce da mediamente a poco cementate e si prelevano quasi sempre in elementi delle dimensioni della ghiaia in matrice sabbiosa, talora debolmente limosa.

In corrispondenza del sondaggio S2-82 è stato misurato un valore dell'indice RQD pari al 21% a profondità di 9 ÷ 10 m dal p.c..

Il coefficiente di permeabilità k , ricavato da prove in sito eseguite nell'ambito di altre indagini effettuate nell'area palermitana, è dell'ordine di 10^{-1} cm/s.

Ai fini della successiva caratterizzazione geotecnica, i termini **G** e **CG** sono assimilabili alle sabbie e ghiaie **SG** e **GS**.

4.6 TERRENI E ROCCE DEL FLYSCH NUMIDICO

In questa classe sono stati classificati i terreni della formazione di base del Flysch Numidico, costituiti di argilla ed argillite (**FN**), con livelli di siltite (**FNs**) e di quarzareniti (**Qz**) che possono raggiungere anche spessori di alcuni m.

Si rinvencono principalmente nella zona compresa tra le stazioni Massimo e Politeama e localmente in altre zone della città; in quest'ultimo caso, tuttavia, raramente interagiscono con le opere in progetto.

I terreni **FN** sono costituiti di argille, argille marnose ed argilliti di colore grigio, dure o molto consistenti, a tratti di consistenza lapidea. Raramente si riscontrano zone meno consistenti in cui il contenuto d'acqua è più elevato, fino a valori prossimi al limite di plasticità. Nella massa possono rinvenirsi patine bianche. In qualche punto si rinvencono livelli di quarzareniti **Qz** di colore variabile dal giallastro all'ocraceo, in livelli che possono raggiungere anche alcuni metri.

Si tratta di terreni *strutturalmente complessi*, con tessitura a tratti brecciata o scagliettata. Spesso la struttura è a scaglie minute, variamente orientate, da debolmente a ben serrate, con superfici a tratti lucide. Talora le scaglie sono grosse, di consistenza marnosa, di forma prismatica. I giunti sono variamente orientati con prevalenza di quelli sub-verticali striati e lucidi, perfettamente chiusi e di notevole persistenza.



La resistenza meccanica è elevata, ma alquanto variabile da punto a punto, in considerazione anche dell'assetto strutturale caratterizzato dai menzionati giunti e, più in generale, da discontinuità di vario tipo.

In prossimità del tetto la formazione è alterata (**FNa**), per spessori talvolta superiori al metro. Questa è costituita da argilla di colore variabile dal rossastro, al marrone ocraceo al grigio verdastro e si può facilmente distinguere per il contenuto d'acqua più elevato, e, tuttavia, non superiore al limite di plasticità. La struttura è a scaglie minute, da mediamente a ben serrate.

Nell'area della Stazione Politeama l'argilla **FNa** è presente anche al di sotto del termine FN, soprattutto al passaggio con le rocce quarzarenitiche.

La siltite **FNs** presenta colorazione grigia, consistenza lapidea ed elevato grado di fatturazione. Risulta prelevata generalmente in elementi decimetrici di forma prismatica, delimitati da superfici piane o leggermente ondulate, talora concoidi, variamente orientate. Talora sono presenti discontinuità inclinate di $70^\circ \div 90^\circ$ rispetto all'asse, molto ravvicinate

Di seguito si riportano i valori delle grandezze geotecniche determinate con le indagini di laboratorio sui terreni del Flysch Numidico, su campioni che appartengono prevalentemente al termine argilloso **FN**:

- peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \div 22 \text{ kN/m}^3$;
- contenuto naturale d'acqua $w_n = 0,07 \div 0,23$;
- limite di plasticità $w_p = 0,14 \div 0,23$;
- limite di liquidità $w_L = 0,27 \div 0,54$;
- coesione effettiva $c' = 20 \div 50 \text{ kPa}$;
- angolo di resistenza a taglio $\varphi' = 24^\circ \div 32^\circ$.

La plasticità è da bassa a media; si tratta inoltre di argille inattive o normali.

La granulometria è compresa in un'ampia fascia compresa tra il limo con argilla sabbioso ed il limo con sabbia con ghiaia debolmente argilloso, per la presenza di elementi di consistenza lapidea che non si sciolgono in acqua.

La deformabilità è da media a bassa. Il modulo di compressione edometrica E' è generalmente maggiore di 10 MPa.

La frazione alterata (argilla **FNa**) presenta caratteristiche geotecniche simili a quelle descritte per l'argilla **FN**.

Le quarzarenite **Qz** è a grana fina, ben cementata, di colore variabile dal grigio al giallastro, con patine marroni e pigmento. La roccia è molto fratturata ed interessata da discontinuità generalmente sub-verticali o a 45° , con superfici piane.

Generalmente è prelevata come ghiaia e blocchi a spigoli vivi o parzialmente arrotondati. Talvolta risulta prelevata come sabbia, sabbia grossa e sabbia con ghiaia, di colore giallastro o giallo oca, probabilmente a causa di un più basso grado di cementazione.

La percentuale di carotaggio è molto bassa (10% ed il 30 %).

L'indice di qualità RQD è quasi sempre pari a zero, ad eccezione della roccia presente lungo il sondaggio S2-84 eseguito a Piazza Politeama, dove sono stati misurati valori compresi tra il



13% e l'80%. Tra 19,5 m e 20,5 m è avvenuto un recupero quasi totale della roccia.

Intercalata alla quazarenite, si rinviene l'arenaria quarzosa in livelli decimetrici, di colore variabile dal grigio al rossastro, caratterizzata da un più basso grado di cementazione, anche a causa della presenza di lenti di siltite e di argillite. Tale fatto si ripercuote sui valori di resistenza a compressione. Infatti, mentre sulla quazarenite sono stati ottenuti in laboratorio valori di resistenza a rottura σ_f compresi tra 60 e 110 MPa, sull'arenaria i valori di σ_f sono compresi tra 15 e 50 MPa.

L'arenaria quarzosa è anch'essa molto fratturata, con giunti sub-orizzontali, sub-verticali ed a 45° talora cementati da calcite secondaria.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI E DELLE ROCCE

Di seguito sono riportati, in sintesi, i parametri geotecnici che è possibile attribuire ai terreni che costituiscono il volume significativo ai fini del dimensionamento geotecnico delle opere. Tali valori sono stati ricavati sulla base dei risultati delle prove in sito e dei laboratorio e di dati acquisiti nel passato, in occasione di altri lavori, su terreni dello stesso tipo di quelli in esame.

Per ciascuno dei gruppi di terreni e rocce sotto indicati, sono stati riportati i campi di variazione delle principali grandezze geotecniche (peso dell'unità di volume γ , coesione effettiva c' , angolo di attrito effettivo φ' , modulo di Young in fase di carico E , coefficiente di permeabilità k).

Riguardo ai terreni ed alle rocce del complesso calcarenitico, è stata operata una suddivisione tra i termini lapidei (CL, CV, CN) e quelli a grana fina o che afferiscono alla porzione debolmente cementata (Sc, CLs). E' da tenere comunque presente che nei problemi di scavo di gallerie, piuttosto che il singolo termine entra in gioco l'ammasso; in tale caso, pertanto, per caratterizzare le rocce calcarenitiche si dovrà fare riferimento ai valori limite superiori quando è prevalente la frazione lapidea, viceversa nel secondo caso (terreni fini o debolmente cementati).

Per quanto riguarda la permeabilità, i valori inferiori del coefficiente k sono da attribuire, in genere e per ciascuna classe, ai termini a grana più fina. L'ampia variabilità dei valori di k che caratterizza i materiali di riporto R è da imputare all'estrema eterogeneità di tali termini.

Non si è proceduto alla classificazione geo-meccanica dei terreni, in quanto con le indagini si è accertato che la quasi totalità dei termini presenti è assimilabile a *rocce sciolte*.

• Terreni di riporto TR

$$\begin{aligned} \gamma &= 18 \text{ kN/m}^3 & c' &= 0 \div 2 \text{ kPa} & \varphi' &= 25^\circ \div 30^\circ & E &= 20 \div 50 \text{ MPa} \\ k &= 10^{-5} \div 10^{-1} \text{ cm/s} \end{aligned}$$

• Limo organico LO, limo sabbioso e sabbia limosa SL

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \div 10 \text{ kPa} \quad \varphi' = 20^\circ \div 25^\circ \quad E = 4 \div 7 \text{ MPa}$$



$$k = 10^{-8} \div 10^{-6} \text{ cm/s}$$

- **Limo sabbioso e sabbia limosa LR, detrito DT alluvioni a grana fina ALF, limo argilloso LA**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \div 20 \text{ kPa} \quad \varphi' = 23^\circ \div 28^\circ \quad E = 5 \div 15 \text{ MPa}$$

$$k = 10^{-7} \div 10^{-5} \text{ cm/s}$$

- **Sabbia con ghiaie SG, GS, ghiaia G, Conglomerati CG**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \quad \varphi' = 40^\circ \quad E = 20 \div 40 \text{ MPa}$$

$$k = 10^{-2} \div 10^{-1} \text{ cm/s}$$

- **Sabbia e sabbia limosa calcarenitica Sc, SLc, calcarenite debolmente cementata CLs**

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \div 40 \text{ kPa} \quad \varphi' = 35^\circ \div 40^\circ \quad k = 10^{-5} \div 10^{-3} \text{ cm/s}$$

$$E = 40 \div 100 \text{ MPa (per Sc e CLS)} \quad E = 6 \div 15 \text{ MPa (per SLc)}$$

- **Rocce del complesso calcarenitico CL, CG, CN**

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 20 \div 40 \text{ kPa} \quad \varphi' = 38^\circ \div 40^\circ \quad E = 100 \div 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_f = 5 \div 25 \text{ MPa} \quad k = 10^{-3} \div 10^{-1} \text{ cm/s}$$

- **Limo sabbioso e limo argilloso sabbioso LS**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \div 20 \text{ kPa} \quad \varphi' = 24^\circ \div 28^\circ \quad E = 5 \div 15 \text{ MPa}$$

$$k = 10^{-7} \div 10^{-5} \text{ cm/s}$$

- **Sabbia e sabbia limosa S**

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 0 \div 5 \text{ kPa} \quad \varphi' = 35^\circ \quad E = 5 \div 25 \text{ MPa}$$

$$k = 10^{-6} \div 10^{-4} \text{ cm/s}$$

- **Argilla FNa, FNs, FN**

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 20 \div 50 \text{ kPa} \quad \varphi' = 24^\circ \div 28^\circ \quad E = 20 \div 60 \text{ MPa}$$

$$k = 10^{-9} \div 10^{-8} \text{ cm/s}$$

- **Quarzarenite Qz**

$$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3 \quad c' = 20 \text{ kPa} \quad \varphi' = 35^\circ \div 40^\circ \quad E = 100 \div 500 \text{ MPa}$$



$$\sigma_f = 30 \div 100 \text{ MPa} \quad k = 10^{-7} \div 10^{-5} \text{ cm/s}$$

6 FALDA

Le misure ai piezometri a tubo aperto e Casagrande installati nel corso delle indagini sono state eseguite a partite dal febbraio 2006 e si sono protratte fino ai primi giorni di settembre del medesimo anno. La prima misura è stata eseguita generalmente 4 ÷ 5 giorno dopo l'installazione della strumentazione.

Per la valutazione della posizione della falda si è anche fatto riferimento a misure eseguite da parte del Consulente Geotecnico all'interno delle tubazioni di PVC poste in opera per l'effettuazione delle prove Down-Hole.

In Appendice C si riportano i grafici che illustrano l'andamento delle quote piezometriche distinte per zona,

Analizzando separatamente i vari tratti, si osserva che nell'area della Stazione Svincolo Oreto la falda si rinviene ad una quota compresa tra (28,9) e (30,9). Inoltre, il piezometro Casagrande installato nel foro S2-55 segnala un livello idrico anche a quota (26,5).

Nel periodo di osservazione si sono misurate variazioni di livello massime dell'ordine di 15 cm, sempre in diminuzione. Fa eccezione il piezometro a tubo aperto S1A17, che segnala un aumento del livello della falda di 20 cm tra il luglio ed il settembre 2006.

All'interno dei piezometri installati nell'area della Stazione Oreto Sud lungo la parte a SE (S2-57, S2-58) a falda si rinviene ad una quota di circa (16,0). Dalla parte opposta sono disponibili misure al piezometro S1A5, lungo un arco di tempo molto prolungato (8 mesi). Dal febbraio 2006 al successivo mese di settembre, la superficie piezometrica ha subito un progressivo abbassamento di quota, passando da (14,15) a (13,70). Il vicino piezometro S1B21 evidenzia valori all'incirca uguali.

I piezometri installati lungo le sponde dell'Oreto rilevano falde a quota compresa tra 7,8 m s.m. (S2-60) e 8,4 m s.m. (S1B25). Il piezometro S2-60 segnala una quota minima pari a 7,60 m s.m. il 13 giugno 2006 ed un successivo brusco incremento.

Durante il periodo di monitoraggio nell'area della Stazione Oreto Nord, la falda si è attestata tra una quota massima di (7,06), misurata in corrispondenza dello strumento S1B27 nel febbraio 2006 ed una quota minima (6,23), rilevata a partire dal mese di luglio con tutti i rimanenti piezometri. Si segnala, inoltre, che tra il febbraio ed il luglio 2006 il piezometro S1B27 ha misurato abbassamenti della falda maggiori di 30 cm, passando da quota (7,06) a quota (6,72), mentre una delle celle installata lungo il foro S1B28 individua una falda a quota (8,0).

Nell'area della Stazione Centrale la falda si attesta a quota compresa tra (3,7) e (5,5). Nel periodo di osservazione si sono misurate oscillazioni dell'ordine della decina di cm.

A Piazza Borsa gli strumenti segnalano una quota della falda prossima al p.c.. Il livello idrico si attesta tra 3,5 m s. m. e 5 m s.m. In particolare, lungo i lati SW e NW della piazza la quota oscilla tra (4,6) e (5,0). Durante il periodo di osservazione le escursioni del pelo libero sono state limitate a qualche cm.

Le misure effettuate lungo la verticale S2-80 ubicata alla Stazione Massimo, attrezzata con tubo di PVC per Down-Hole, individua una falda che risale da quota 7,33 m s.m. (maggio



2006) a quota 7,75 m s.m. (luglio 2006); nel successivo periodo si ha un piccolo abbassamento. Lungo le verticali S1B43 e S1B42 la falda si attesta intorno alle quote (7,1) e (6,7), rispettivamente. Il piezometro S2-81 segnala una falda a quota di circa 6 m s.m. Nel periodo di osservazione si sono misurate oscillazioni massime del livello idrico di circa 10 cm.

Per quanto riguarda gli strumenti installati a Piazza Politeama, il piezometro Casagrande S1A11 ha individuato livelli di falda in calo, tra il febbraio ed il giugno 2006, da un massimo di $6,8 \div 7,1$ m s.m. ad un minimo di $6,5 \div 6,7$ m s.m. Nel successivo periodo si rileva un innalzamento di circa 30 cm. All'interno del piezometro S2-83 il livello della falda mostra un notevole innalzamento tra l'agosto ed il settembre 2006, passando da quota (9,07) a quota (10,32). Un comportamento simile si rileva nel foro S2-84 attrezzato con Down-Hole, ubicato all'inizio di Via Libertà; nello stesso periodo, all'interno del tubo la quota della falda è passata da 7,63 m s.m. a 8,61 m s.m..

Nell'area della Stazione Archimede la falda si rinviene a quota compresa tra 3,8 m s.m. e 5,2 m s.m., mentre alla Stazione Notarbartolo la falda è presente ad una quota media di 13,5 m s.m..

7 RAPPORTI OPERE - TERRENI

Sulla base della classificazione geotecnica riportata nel paragrafo 5, nell'Allegato MPA1PPGETINSZO11 sono illustrati i rapporti opere-terreni in corrispondenza delle stazioni in progetto. L'ubicazione della traccia delle sezioni rappresentative dei rapporti opere-terreni è riportata negli stralci planimetrici in Allegato MPA1PPGETINPPO10.

Negli Allegati MPA1PPGETINPRO11 ÷ MPA1PPGETINPRO61 è riportato il profilo geotecnico lungo il tracciato delle gallerie in corrispondenza della canna lato mare.

Nel seguito, i rapporti fra le opere ed i terreni in corrispondenza delle stazioni sono descritti, procedendo, separatamente, dalla Stazione Svincolo Oreto alla Stazione Notarbartolo.

Per quanto riguarda le gallerie, si è fatto riferimento principalmente alle formazioni presenti lungo il tracciato delle opere.

7.1 STAZIONE SVINCOLO ORETO

La stazione di svincolo occupa la parte terminale di Via Oreto, in prossimità del congiungimento con il viale della circonvallazione di Palermo.

Gli scavi raggiungeranno una profondità massima di circa 19 m rispetto al piano di campagna ed interesseranno dapprima i terreni e le rocce della formazione calcarenitica LA, Sc, SLc e CV e successivamente le sabbie limose e debolmente limose S.

In particolare, al di sotto di uno strato di materiali di riporto R, che raggiunge uno spessore massimo di circa 3,5 m e fino ad una profondità di 5,5 m, è presente la sabbia calcarenitica Sc, seguita dalla sabbia limosa SLc. Localmente possono rinvenirsi livelli di calcarenite vacuolare CV e di limo argilloso LA.

Al di sotto di $13 \div 14$ m si incontra la sabbia limosa S.

La superficie piezometrica si attesta ad una profondità di $6 \div 7$ m dal p.c.; pertanto la maggior parte degli scavi sarà eseguita sotto falda.



7.2 STAZIONE ORETO SUD

L'opera è ubicata lungo l'asse di Via Oreto, ad una distanza di circa 200 m dalla Stazione Svincolo Oreto. La platea di fondo è impostata ad una profondità di 21 m rispetto al piano di campagna.

I rapporti opere terreni sono stati ricostruiti lungo le sezioni A-A e B-B.

In questo caso, la stazione insiste all'interno della formazione calcarenitica (v. sondaggi S1A5, S1B21, S2-57, S2-58), che si presenta generalmente poco cementata (terreni CLs e Sc), ovvero mediamente cementata (calcarenite CL).

In particolare, le indagini hanno evidenziato livelli di calcarenite debolmente cementata CLs di spessore pari anche a 13 m, mentre la calcarenite CL si attesta su spessori di circa 1 m. Si rinviene, inoltre, la calcarenite nodulare CN. Lo strato di copertura di riporto ha uno spessore di circa 2 m.

Superati 15 m dal p.c., gli scavi incontreranno alternanze di sabbia e sabbia limosa S e limo sabbioso argilloso LS.

La falda si rinviene a profondità compresa tra 13 m e 15 m rispetto al piano di campagna.

7.3 STAZIONE ORETO NORD

La stazione si sviluppa in sinistra del Fiume Oreto, in sotterraneo, lungo la Via Perez, a partire dall'incrocio con Via Bergamo ed interessa anche le aree di impronta dei fabbricati che insistono su entrambi i fronti di Via Perez. Gli scavi raggiungono una profondità massima di circa 27 m.

Al di sotto di una coltre di copertura, costituita prevalentemente di terreni di riporto, si rinviene la formazione calcarenitica di spessore pari a circa 17 m, ivi costituita di sabbia calcarenitica Sc e di calcarenite debolmente cementata CLs. Il sondaggio S2-64 eseguito in prossimità dell'incrocio tra Via Perez e Via Bergamo ha inoltre evidenziato la presenza di alluvioni a grana fina ALF ed a grana grossa GS che ricoprono la calcarenite per uno spessore massimo di circa 6 m.

Al di sotto dei terreni calcarenitici si rinviene la sabbia e sabbia limosa S.

Durante il periodo di monitoraggio, nell'area della stazione la falda si è attestata ad una profondità di circa 13,3 m dal piano campagna.

7.4 STAZIONE GIULIO CESARE

La Stazione Giulio Cesare occuperà una vasta porzione dell'omonima piazza. L'opera è impostata in sotterraneo, trasversalmente rispetto all'asse stradale congiungente le vie Lincoln e Tukory, raggiungendo l'imbocco di Via Roma e lambendo il tracciato dell'antico *fossato cinquecentesco*, che all'epoca circondava la cinta muraria cittadina. Gli scavi raggiungeranno una profondità massima di circa 21 m.

In considerazione dell'importanza dell'opera e delle numerose interferenze, in tale area sono stati eseguiti 6 sondaggi a rotazione; sono inoltre disponibili i dati relativi ad altre 6 perforazioni.



I sondaggi S2-68 e S2-69 hanno messo in evidenza che in corrispondenza della parte Ovest della stazione le opere in sotterraneo interesseranno i materiali di riporto del citato *fossato cinquecentesco*, che raggiungono spessori di $5 \div 6$ m. Lo strato di riporto va assottigliandosi spostandosi verso Est in direzione della Stazione Centrale.

Superato il riporto, gli scavi per la realizzazione della stazione saranno eseguiti quasi per intero all'interno della sabbia calcarenitica Sc e della calcarenite CL e CLs.

A partire da una profondità di $19 \div 20$ m è presente la sabbia limosa S.

La falda si attesta ad una profondità di circa 10 m dal p.c. ed ha mostrato oscillazioni dell'ordine della decina di cm.

7.5 STAZIONE BORSA

La stazione si sviluppa in sotterraneo su più livelli, raggiungendo una profondità massima di circa 21 m ed occupando la gran parte dell'omonima piazza.

Nell'area di impronta dell'opera si rinvencono fino a fondo scavo, al di sotto di materiali di riporto, limi organici molli LO e sabbie limose poco addensate SL (v. sondaggi S1B36, S1B37, S2-73, S2-74, S274bis), che costituiscono il paleo-alveo dei fiumi Kemonia e Papireto in prossimità della vecchia foce.

Il riporto R ha uno spessore è di $2 \div 3$ m e solo localmente raggiunge una profondità di 7 m (v. sondaggio S2-73). In considerazione della natura e della composizione granulometrica dei termini R, LO e SL, spesso non risulta chiaramente identificabile il passaggio tra il riporto ed i sottostanti terreni.

I terreni LO e SL presentano un contenuto naturale d'acqua molto elevato, talora prossimo al limite di liquidità e caratteristiche meccaniche mediocri; sono inoltre caratterizzati da elevata compressibilità. Contengono laterizi, sostanza organica, torba, residui vegetali e filamenti di alghe. Alla profondità di $21 \div 24$ m si rinvencono livelli di limo riccamente fossilifero. Spesso si hanno passaggi continui tra i due termini LO e SL.

In considerazione della presenza dei paleo-alvei, la falda è prossima al piano di campagna. Le misure piezometriche hanno infatti evidenziato che la linea libera si rinviene ad una profondità di $1,7 \div 1,9$ m lungo i lati SW e NW della piazza (paralleli, rispettivamente, a Via Roma ed a Corso Vittorio Emanuele), mentre in corrispondenza del vertice SE si approfondisce fino a circa 2,5 m. Durante il periodo di osservazione le escursioni del pelo libero sono state limitate a qualche cm.

7.6 STAZIONE MASSIMO

Una situazione geologica e geotecnica molto particolare è presente nell'area dove sarà realizzata la Stazione Massimo. L'opera è ubicata all'interno dell'omonima piazza, di fronte all'ingresso del Teatro Massimo e si spinge planimetricamente fino all'opposto marciapiede. La massima profondità di scavo è di circa 21 m.

Le indagini in sito hanno evidenziato situazioni molto diverse tra il lato SE ed il fronte opposto verso Via Ruggero Settimo.

Infatti, lungo il lato SE i sondaggi S1B43 e S2-80 mostrano che la formazione calcarenitica si



spinge fino a notevole profondità (rispettivamente, 23 m nel sondaggio S1B43 e 30 m, coincidente con il fondo foro, nel sondaggio S2-80).

Lungo il foro S1B43 si osservano alternanze di sabbia Sc e di calcarenite CLs e CL fino a circa 6 m di profondità; successivamente è presente la sabbia Sc; a partire da una profondità di 23 m circa la formazione calcarenitica ricopre uno strato di argille rimaneggiate del Flysch Numidico, indicato con la sigla FNr. In corrispondenza della verticale S2-80 si hanno alternanze di sabbia Sc e calcarenite CL fino a circa 6 m di profondità; più in basso è quasi sempre presente il termine Sc.

Dalla parte opposta, all'interno dei sondaggi S1B42 e S2-81 i terreni calcarenitici assumono spessori di 16 ÷ 17 m.

Lungo il foro S1B42 la formazione è dapprima costituita di calcarenite ben cementata CL, per uno spessore di 7 m, seguita dalla sabbia Sc. Al di sotto è presente un banco di quarzarenite Qz, che si spinge fino alla profondità massima indagata (30 m). Nei primi 2 m la quarzarenite è stata prelevata come sabbia con frammenti, probabilmente a causa di un basso grado di cementazione. Più in basso la roccia è molto fratturata a causa di discontinuità sub-verticali ovvero variamente orientate, che presentano superfici lisce e piane, poco scabre.

Nel secondo caso (sondaggio S2-81) si hanno alternanze dei termini sabbiosi e sabbioso limosi SLc e Sc, che ricoprono le argille e le argilliti del Flysch Numidico.

La presenza di alcune faglie che hanno messo in contatto laterale terreni e rocce di età diversa comporta, di conseguenza, che gli scavi interesseranno sia i terreni e le rocce calcarenitiche, sia i termini argillosi e lapidei (argille, argilliti e quarzareniti) del Flysch Numidico. Tale situazione è chiaramente evidenziata nelle sezioni A-A e B-B.

La falda si attesta ad una profondità via via crescenti spostandosi dal lato verso Via Maqueda al lato opposto. Le misure effettuate lungo la verticale S2-80, attrezzata con tubo di PVC per Down-Hole, evidenziano la falda a una profondità di circa 10,8 m dal p.c., mentre lungo le verticali S1B43 ed S1B42 la falda si attesta a profondità rispettivamente pari a 11,0 m e 11,4 m. In corrispondenza del piezometro installato all'interno del foro S2-81, la falda si rinviene ad una profondità di 12,1 m circa. Nel periodo di osservazione si sono misurate oscillazioni massime del livello idrico pari a circa 10 cm.

7.7 STAZIONE POLITEAMA

La Stazione Politeama occupa la parte centrale della grande piazza antistante il Teatro Politeama. Per lo studio dei terreni affioranti nell'area si è proceduto all'esecuzione di cinque sondaggi; sono inoltre disponibili le stratigrafie di altri 10 sondaggi, effettuati nell'ambito della *Perizia studi per la conoscenza delle condizioni statiche del Teatro Politeama*, nonché per la progettazione di alcuni edifici per civile abitazione che insistono sulla piazza.

Le indagini hanno mostrato che nell'area di impronta della stazione i terreni del Flysch Numidico sono molto superficiali ed in alcune zone quasi affioranti.

Più in dettaglio, lungo il lato SW sono presenti sabbie calcarenitiche Sc e calcareniti CL e CV, come evidenziato dai sondaggi S1A10 e S1A11. La formazione assume spessori decrescenti spostandosi da Via Ruggero Settimo verso Via Libertà, passando da 9,5 m (sondaggio S1A10) a 5,5 m (sondaggio S1A11).

Lungo il lato opposto i termini calcarenitici si assottigliano notevolmente, assumendo uno



spessore di circa 4,5 m in corrispondenza del foro S1B44 ed uno spessore addirittura nulla all'interno della verticale S2-83, eseguita in prossimità dell'inizio di Via Libertà.

Come già detto, al di sotto delle calcareniti si rinvengono terreni e rocce del Flysch Numidico. In tale area questi termini sono costituiti da continue alternanze di argilla ed argillite FN, di siltite FN di consistenza lapidea e di quarzarenite Qz. Ciascun termine si rinviene in genere per spessori compresi tra qualche m e $5 \div 6$ m.

I terreni argillosi hanno un contenuto naturale d'acqua minore del limite di plasticità e struttura a scaglie di forma prismatica, da minute a centimetriche, da debolmente a ben serrate. Spesso mostrano patine di ossidazione ed un maggiore contenuto d'acqua (terreni FNa), ma sempre minore del limite di plasticità.

Come nel caso della Stazione Massimo, la quarzarenite è molto fratturata, tuttavia, soprattutto lungo la verticali S1A10 la roccia è stata carotata a tratti come sabbia sciolta di colore giallastro, probabilmente a causa di un più basso grado di cementazione, ovvero di un disturbo causato dal campionamento. Di contro, nel corso di prove di rottura effettuate su campioni provenienti dal medesimo sondaggio sono stati ottenuti valori di resistenza a rottura molto elevati ($\sigma_f = 70 \div 110$ MPa).

I piezometri installati nei fori S1A10 e S1B44 hanno rilevato il pelo libero della falda ad una profondità di $9,3 \div 9,6$ m dal piano di campagna, con escursioni di $10 \div 20$ cm nel corso del periodo di osservazione.

Un comportamento molto diverso è stato evidenziato dalle misure effettuate nel piezometro S2-83 e nel foro S2-84 attrezzato con Down-Hole, ubicato all'inizio di Via Libertà. Nel primo caso il livello della falda mostra un abbassamento tra il giugno e l'agosto 2006, passando da una profondità di 6,5 m ad una profondità di 6,7 m; nel successivo periodo si osserva un brusco sollevamento della falda che alla data dell'11 settembre 2006 si attesta ad una profondità di 5,5 m dal p.c.. Analogamente, nel foro S2-84 la falda si abbassa di circa 20 cm tra il giugno e l'agosto 2006; la successiva misura eseguita l'11 settembre 2006 mostra un innalzamento di quasi 1 m, con la falda ad una profondità di 7,7 m dal p.c..

7.8 STAZIONE ARCHIMEDE

La Stazione Archimede occupa un ampio tratto di Via Libertà, tra Via Agrigento e Piazza Croci e si approfondisce fino a circa 25 m dal p.c..

Le indagini effettuate nell'area mostrano che l'opera sarà scavata interamente all'interno della formazione calcarenitica, costituita di alternanze di sabbia limosa SLc, sabbia Sc e calcarenite CLs e CL, con grado di cementazione molto variabile. Spesso si hanno passaggi laterali tra i vari termini, che assumono spessori compresi tra 1 m ed alcuni metri.

La falda si attesta a profondità di $8,5 \div 9,5$ m dal p.c.; le massime escursioni misurate nel periodo di osservazione sono di circa 10 cm.

7.9 STAZIONE NOTARBARTOLO

La Stazione Notarbartolo è ubicata di fronte l'omonima stazione ferroviaria. Gli scavi raggiungeranno una profondità massima di circa 21 m



I sondaggi eseguiti nell'area (S1B49 ÷ S1B51, S2-89) evidenziano che gli scavi interesseranno prevalentemente la sabbia calcarenitica Sc e la calcarenite debolmente cementata CLs. Potranno inoltre incontrarsi, per spessori generalmente minori di 2 m, livelli di calcarenite CL, a grana uniforme, caratterizzata da un maggior grado di cementazione rispetto ai termini prima indicati.

Con le misure piezometriche si è osservato che la falda è presente ad una profondità media di 14,7 m dal p.c. e che le oscillazioni del livello idrico sono contenute in 10 ÷ 15 cm.

7.10 GALLERIE FERROVIARIE

Le gallerie ferroviarie corrono in affiancamento, dalla rotonda di svincolo di Via Oreto, nei pressi del quartiere Brancaccio, alla stazione Notarbartolo, per complessivi 6,5 km circa. Il ricoprimento varia da un minimo di 7 ÷ 8 m ad un massimo di oltre 30 m.

Lungo l'intero tracciato la galleria corre sempre sotto falda. Si evidenzia, inoltre, che nei tratti dove è presente la sabbia limosa S potranno manifestarsi localmente forti venute d'acqua.

Nella parte iniziale il tracciato inizia ad approfondirsi; infatti l'asse delle gallerie passa da quota (33,80) a quota (38,00) in corrispondenza dell'inizio della Stazione Svincolo Oreto.

I primi 100 m saranno realizzati all'interno della sabbia calcarenitica Sc, mentre il tratto intermedio interesserà la sabbia limosa calcarenitica Sc. La parte finale, fino all'innesto con la Stazione Oreto Sud, corre all'interno della sabbia limosa grigia S, con varie intercalazioni e passaggi a limo argilloso sabbioso LS, appartenente alla medesima formazione geologica.

Questi ultimi terreni sono presenti anche lungo tutto il successivo tratto, fino alla Stazione Oreto Sud ed ancora oltre fino alla progressiva 1100 m.

Nella parte finale potranno localmente incontrarsi terreni e rocce della formazione calcarenitica, in genere debolmente cementati.

Questo primo settore di galleria è quello dove più probabilmente potranno manifestarsi le venute d'acqua prima citate.

Poco prima dell'inizio della valle del Fiume Oreto, le gallerie incontreranno alternanze di sabbia limosa SLc e di sabbia Sc, entrambe di natura calcarenitica. In questo tratto si osserva il massimo ricoprimento; l'asse della galleria corre, infatti, ad una profondità di 33 m dal p.c..

A partire dalla progressiva 1300 m, per circa 80 m, le gallerie attraverseranno le alluvioni del Fiume Oreto ALF, SG e GS. Le alluvioni a grana fina ALF sono costituite di limo sabbioso e sabbia limosa, mentre i termini SG e GS rappresentano sabbia con ghiaia e ghiaia a tratti sabbiosa, con continui passaggi tra questi due termini.

Poco più avanti, dalla progressiva 1450 m e per una lunghezza presumibile di 50 m, i sondaggi S1B26 e S2-62 hanno evidenziato la presenza di un paleo-alveo del fiume Oreto. Tra le due fasce di depositi alluvionali le gallerie attraverseranno alternanze di sabbia e sabbia limosa Sc e SLc e di limo argilloso LA, termini appartenenti alla formazione calcarenitica.

Più avanti, fino alla Stazione Giulio Cesare, il tracciato corre all'incirca parallelo rispetto al piano di campagna ed interesserà i terreni e le rocce della formazione calcarenitica SLc, Sc, CL ed i terreni sabbioso limosi S e LS di colore grigio, con continui passaggi, anche laterali, tra i vari termini citati.

A partire dalla Stazione Giulio Cesare, le gallerie attraverseranno la sabbia Sc e le rocce



calcarenitiche CL e CLs caratterizzate da vario grado di cementazione.

A partire dalla progressiva 2700 m circa le nuove indagini, integrate dai numerosi dati stratigrafici disponibili, hanno evidenziato la presenza, lungo il tracciato ferroviario, dei terreni alluvionali a grana fina LO e SL, che costituiscono il paleo-alvio del Fiume Kemonia e più avanti, a partire all'incirca da Piazza Borsa, del Fiume Papireto.

Questi terreni interesseranno l'intera sezione di scavo per un tratto di circa 500 m fino all'incirca a raggiungere la verticale di Piazza San Domenico, dove le alluvioni sono sostituite dalla formazione calcarenitica. Nei primi 150 m potrà incontrarsi anche la sabbia calcarenitica Sc, dal momento che i depositi alluvionali hanno colmato una serie di valli un tempo ivi esistenti.

Come già indicato in precedenza a proposito della Stazione Borsa, i terreni LO ed SL presentano mediocri caratteristiche geotecniche e contengono sostanza organica, torba, residui vegetali e filamenti di alghe fino a notevole profondità.

In tale tratto si segnalano possibili interferenze degli scavi delle gallerie, che corrono ad una profondità di $18 \div 20$ m dal p.c., con fondazioni profonde di edifici realizzate con pali di legno, ovvero con interventi di consolidamento mediante sottofondazioni con pali di c.a..

Da Piazza san Domenico fino alla Stazione Massimo le gallerie attraverseranno i terreni calcarenitici Sc, con locali lenti e livelli di calcarenite CL.

A partire dall'uscita della Stazione Massimo, fino alla Stazione Politeama, la sezione di scavo sarà interessata nella parte superiore dai termini G, costituiti di ghiaia calcarea variamente frammista a sabbia grossa (conglomerato di trasgressione). La rimanente parte della sezione di scavo sarà aperta all'interno dei sottostanti termini del Flysch Numidico (argille FN, FNs, quarzarenite Qz), con continui passaggi tra i termini a grana fina e la quarzarenite. Quest'ultima si presenta in genere molto fratturata, tuttavia localmente si può rinvenire in banchi di notevole spessore e/o elevato grado di cementazione. Si ricorda che in laboratorio sui termini Qz si sono ottenuti valori di resistenza a rottura anche maggiori di 100 MPa.

La presenza dei termini G e dei terreni del Flysch Numidico è stata messa in evidenza da numerosi sondaggi (D76 ÷ D80, S1A8, S1A9).

Subito dopo la Stazione Politeama, per un tratto di circa 80 m, le gallerie attraverseranno alternanze di argilla FN e quarzarenite Qz, come mostrano i sondaggi effettuati in zona.

In tutto il tratto il Geologo ha segnalato la presenza di numerose faglie.

L'intero tracciato finale, fino alla Stazione Notarbartolo, attraverserà i terreni calcarenitici, costituiti principalmente di sabbia Sc, con numerosi passaggi a sabbia limosa SLc ed a limo argilloso LA. Anche in questo caso potranno incontrarsi livelli di roccia calcarenitica CL e CLs, con vario grado di cementazione.

8 CLASSI DI SCAVO

Per quanto riguarda le classi di resistenza dei terreni, si è fatto riferimento al Prezzario della Regione Siciliana dell'anno 2005, che alla voce 1.1.5) Scavo a sezione obbligata prevede le seguenti classi:

- 1) terreni costituiti da limi, argille, sabbie, ghiaie, detriti e alluvioni anche contenenti elementi lapidei di qualsiasi resistenza e di volume non superiore a $0,5 \text{ m}^3$, sabbie e ghiaie anche



debolmente cementate e rocce lapidee fessurate, di qualsiasi resistenza con superfici di discontinuità poste a distanza media l'una dall'altra fino a 30 cm. attaccabili da escavatore;

- 2) rocce lapidee integre con resistenza allo schiacciamento da oltre 4 N/mm² e fino a 10 N/mm² ed in rocce lapidee fessurate di qualsiasi resistenza con superfici di discontinuità poste a distanza media l'una dall'altra superiore a 30 cm e fino a 50 cm, attaccabili da escavatore di potenza non inferiore a 88 kW con benne speciali per materiali tenaci;
- 3) come al punto 2) ma resistenza allo schiacciamento da oltre 10 N/mm² e fino a 20 N/mm² e comunque in tutti i casi in cui sia necessario fare uso di martello demolitore e di bulldozer attrezzato con ripper;
- 4) come al punto 2) ma resistenza allo schiacciamento da oltre 20 N/mm² e fino a 40 N/mm² e comunque in tutti i casi in cui sia necessario fare uso di escavatore di potenza non inferiore a 147 kW;
- 5) come al punto 4) ma resistenza allo schiacciamento da oltre 40 N/mm² e fino a 75 N/mm²
- 6) come al punto 4) ma resistenza allo schiacciamento da oltre 75 N/mm² e fino a 110 N/mm².

Con riferimento alla classificazione geotecnica, nella tabella 8.A si riportano i principali terreni interessati dalle opere in progetto e la rispettiva classe di resistenza.

9 BIBLIOGRAFIA

- (¹) JAPPELLI R., CUSMANO G., LIGUORI V., VALORE C. (1981): Contributo alla conoscenza geotecnica del sottosuolo di Palermo - Atti della Riunione del Gruppo del C.N.R. per gli studi di Ingegneria Geotecnica
- (²) VALORE C., 1983: Near-surface underground constructions in mixed abruptly changing round - V Int. Con. On Rock Mechanics, Melbourne
- (³) CANZONERI V., GIAMMARINARO M.S., GUGLIUZZA G., VALLONE P. (2002): Area urbana palermitana: analisi delle proprietà geotecniche dei terreni supportata da tecnologia GIS - Atti del XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, l'Aquila
- (⁴) LIGUORI V., PIACENTINI U., PRATINI P., VALORE C., ZICCARELLI M. (2002): Caratteri geologico e geotecnici del sottosuolo di Palermo - Atti del XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, l'Aquila
- (⁵) GIAMMARINARO M.S., ALLETTI M, AZZARA R.M., CANZONERI V., MAIORANA S., ROVELLI A, TERTULLIANI A., VALLONE P. (2003): Natural Hazard Assessment through an oriented GIS - Geophysical Research Abstracts 5



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

(⁶) CANZONERI V., GIAMMARINARO M.S., MAIORANA S., VALLONE P. (2004): La tecnica GIS per la salvaguardia e la conservazione del patrimonio storico-monumentale - Atti del XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo

Palermo, settembre 2006

Ing. Vincenzo Canzoneri



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

TERRENI DI RIPORTO	
R	Terreno di riporto costituito di pezzi di calcarenite, frammenti di muratura e cocci di laterizi frammisti a limo con sabbia, sabbia limosa, ghiaia talora grossa
COLTRE SUPERFICIALE	
LR	Limo sabbioso e sabbia limosa di colore rossastro (<i>terre rosse</i>), con frammenti di calcarenite e terreno vegetale; $w_n \geq w_p$
DT	Limo sabbioso e sabbia limosa di colore marrone giallastro, con numerose patine biancastre e minuti elementi lapidei di natura calcarea e calcarenitica
LO	Limo e limo argilloso di colore nerastro, da poco consistente a molle, $w_n \gg w_p$, ricco di sostanza organica, con filamenti di alghe e frustoli carboniosi; a tratti i residui vegetali conservano la struttura legnosa. Si rinvengono inclusi lapidei di varia natura della dimensione della ghiaia
ALF	Alluvioni a grana fina: limo, limo sabbioso e sabbia limosa
SL	Sabbia a grana grossa, sabbia limosa e limo sabbioso, di colore variabile dal giallastro al grigio al nerastro, con laterizi, ossa, torba, residui vegetali, conchiglie ed elementi lapidei calcarenitici
SG	Sabbia con ghiaia in matrice sabbioso-limosa. Alluvioni terrazzate a grana medio-grossa
GS	Alluvioni a grana grossa del F. Oreto. Alluvioni terrazzate. Ghiaia e blocchi in matrice sabbioso-limosa
BR	Breccia di faglia: sabbia fina e grossa calcarea o calcarenitica; ghiaia e blocchi di natura calcarea;; calcare compatto; calcarenite organogena
COMPLESSO CALCARENITICO	
CL	Calcarenite a grana piuttosto uniforme, fossilifera, di colore variabile dal giallastro al biancastro al grigio, con cemento carbonatico, porosa, vacuolare. Il grado di cementazione è compreso fra quello delle calcareniti friabili e facilmente disgregabili e quello delle calcareniti compatte ben cementate. In alcuni tratti la cementazione è assente
CV	Calcarenite fossilifera e breccia conchigliare vacuolare, ben cementata; la distribuzione del cemento è irregolare. Calcirudite ben cementata
CN	Calcarenite costituita di noduli di materiale fortemente cementato con forma irregolare e di dimensioni comprese fra qualche cm e alcuni dm. Gli spazi internodulari sono occupati da sabbia giallastra a tratti asportata per effetto di erosione dovuta alla circolazione idrica
CLs	Calcarenite debolmente cementata, prelevata come ghiaia e blocchi in matrice sabbiosa limosa, di colore variabile dal biancastro al bruno al giallo ocra, con noduli di calcarenite organogena, talora fossilifera
Sc	Sabbia e sabbia limosa calcarenitica, di colore variabile dal giallastro, al biancastro al bruno, con frammenti di calcarenite di dimensioni centimetriche e decimetriche variamente sparsi nella massa e con noduli di calcarenite organogena
SLc	Sabbia, sabbia debolmente limosa o limosa, da mediamente a ben addensata, di colore variabile dal giallastro al rossastro, talora limo sabbioso giallastro, con venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti. Si rinvengono elementi di ghiaia a spigoli arrotondati e frammenti di calcarenite
LA	Limo argilloso a tratti sabbioso di colore giallastro rossastro, da consistente a poco consistente, $w_n \geq w_p$, con venature grigie, noduli di sabbia e frustoli carboniosi rossastri, talora fossili anche in frammenti

	Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo. Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.
	Relazione geotecnica

SABBIE LIMOSE GRIGIO-VERDASTRE	
S	Sabbia limosa o debolmente limosa, fossilifera, di colore grigio o grigio verdastro, giallastro nei primi metri, talora alternata a limo sabbioso. Sono presenti elementi di ghiaia a spigoli arrotondati, frammenti di calcarenite di colore giallastro o grigio, veli di sabbia, livelli torbosi e frustoli nerastri
LS	Limo argilloso a tratti sabbioso e limo sabbioso, fossilifero, di colore grigio. Sono presenti frammenti di calcarenite, veli di sabbia, livelli torbosi e frustoli nerastri
GHIAIE E CONGLOMERATI	
G	Ghiaia calcarea e calcarenitica; gli elementi hanno spigoli arrotondati; talora è frammista a sabbia grossa – Conglomerato di trasgressione
CG	Conglomerato variamente cementato, costituito di ghiaia di varia natura, a spigoli arrotondati, di colore variabile dal rossastro al verdastro
TERRENI E ROCCE DEL FLYSCH NUMIDICO	
FNr	Argilla rimaneggiata e alterata di colore grigio con ghiaia a spigoli arrotondati di forma appiattita
FN	Argilla e argilla marnosa, argillite, di colore grigio, generalmente dura o consistente, scagliettata, con patine bianche. Struttura a scaglie di forma prismatica, da minute a centimetriche, da debolmente a ben serrate, a spigoli vivi. A tratti si rinvengono livelli di quarzarenite di colore grigio-ocraceo. Nella parte superiore si presenta alterata (FNa) di colore marrone ocraceo per ossidazione
FNs	Siltite di colore grigio, di consistenza lapidea, molto fratturata, prelevata generalmente in elementi decimetrici di forma prismatica, delimitati da superfici piane o leggermente ondulate, talora concoidi, variamente orientate. Talora sono presenti discontinuità inclinate di 70° ÷ 90° rispetto all'asse, molto ravvicinate.
Qz	Quarzarenite a grana fina, ben cementata, di colore variabile dal grigio al giallastro, molto fratturata, interessata da discontinuità generalmente sub-verticali o a 45°, con superfici piane. Talora risulta prelevata come sabbia, sabbia grossa e sabbia con ghiaia, di colore giallastro o giallo oca, probabilmente a causa di un più basso grado di cementazione. Arenaria quarzosa a grana fina, di colore variabile dal grigio al rossastro, con patine di ossidazione, da debolmente a mediamente cementata, generalmente molto fratturata, con giunti sub-orizzontali, sub-verticali ed a 45° talora cementati da calcite secondaria

Tab. 4.A - Classificazione geotecnica dei terreni



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Sondaggio	Ubicazione	Profondità dal p.c. [m]	Calcareniti	RQD [%]
S1A6	Via Oreto	12 ÷ 13	CL	12
S1B23	Zona Oreto	1,5 ÷ 2	CL	60
S1B40	Via Patania	4,5 ÷ 5	CL	25
S2-79	Via Maqueda	4 ÷ 5	CL	17
		5 ÷ 6	CL	12
		6 ÷ 7	CL	22
		7 ÷ 8	CL	11
		9 ÷ 10	CL	31
		10 ÷ 11	CL	23
		11 ÷ 12	CL	13
S1B41	Via Scarlatti	5 ÷ 6	CL	46
		6 ÷ 7	CL	59
		7 ÷ 8	CL	44
		8 ÷ 9	CL	33
		9 ÷ 10	CL	14
		10 ÷ 11	CL	60
		11 ÷ 12	CL	52
S1B42	Stazione Massimo	3 ÷ 4	CL	37
S1B43	Stazione Massimo	3 ÷ 4	CL	25
S2-80	Stazione Massimo	6 ÷ 6,5	CL	30
S1A8	Via Ruggero Settimo	3 ÷ 4	CL	45
		4 ÷ 5	CL	37
		5 ÷ 6	CL+CV	58
		6 ÷ 7	CV	26
		15 ÷ 16	CV	10
		16 ÷ 17	CV	17
S2-82	Via Ruggero Settimo	6 ÷ 7	CL	59
		7 ÷ 8	CL	29
S1A10	Piazza Politeama	4 ÷ 5	CL	12

Tab. 4.B – Valori dell'indice di qualità RQD delle calcareniti CL e CV



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

TERRENO	Classe di resistenza
Terreno di riporto TR	1
Limo sabbioso e sabbia limosa LR	1
Limo e limo argilloso LO	1
Sabbia a grana grossa S	1
Alluvioni a grana fina ALF	1
Alluvioni a grana grossa ALG	1
Calcarenite a grana uniforme CL	2 ÷ 4
Calcarenite nodulare CN	1 ÷ 2
Calcarenite fossilifera e breccia conchigliare CV	2 ÷ 4
Sabbia limosa, limo sabbioso SL	1
Limo argilloso a tratti sabbioso LA	1
Ghiaia calcarea e calcarenitica G	1
Conglomerato variamente cementato CG	1 ÷ 2
Argilla e argilla marnosa A	1
Quarzarenite Qz	4 ÷ 6

Tabella 8.A: Classi di resistenza dei terreni ai fini della valutazione delle classi di scavo



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice A – Quadro di sintesi dei sondaggi e della strumentazione installata

APPENDICE A

QUADRO DI SINTESI DEI SONDAGGI E DELLA STRUMENTAZIONE INSTALLATA



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice A – Quadro di sintesi dei sondaggi e della strumentazione installata

SONDAGGI SYSTRA S.A. I^a FASE - STRUMENTAZIONE INSTALLATA

Denom Sondagg	Data esecuz.	Piezom.. Casagr			Piez. Tub Aper.	Tubo Down Hole	Carotaggio	Distruzione	Lungh. ml.	Livello falda (m)
		m	m	m						
S1 A3	16/02/2006	10,00	13,00	16,00			X		25,00	7,80
S1 A4	08/02/2006				X		X		30,00	6,80
S1 A5	10/02/2006	6,00	12,00	20,00			X		35,00	12,90
S1 A6	20/02/2006					X	X		35,00	19,30
S1 A8	28/02/2006				X		X		35,00	12,40
S1 A9	23/02/2006					X	X		30,00	12,00
S1 A10	23/03/2006				X		X		38,00	//
S1 A11	13/03/2006	12,00	14,00	19,00			X		35,00	//
S1 A12	28/02/2006				X		X		35,00	10,30
S1 A13	09/03/2006				X		X		35,00	11,50
S1 A14	07/03/2006				X		X		35,00	//
S1 A15	10/03/2006				X		X		40,00	//
S1 A16	16/03/2006				X		X		35,00	//



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice A – Quadro di sintesi dei sondaggi e della strumentazione installata

Sondaggi II fase	Data	Ubicazione	Profondità [m]	Lunghezza Down Hole	Piezometro a tubo aperto [m]	Profondità celle Casagrande [m dal p.c.]			Prove Menard
S1 A1	07/07/2006	Via Oreto	25			6	10	15	
S1 A2	20/07/2006	Via Oreto	30	28,5					
S1 A7	02/08/2006	Oreto	36,5		35				
S1 B17	06/07/2006	Via Oreto	25		25				
S1 B18	28/07/2006	Oreto	21			8	10	13	
S1 B19	24/06/2006	Oreto	25,5		25				1
S1 B20	26/06/2006	Oreto	15,4		15				1
S1 B21	30/06/2006	Stazione Oreto S	30			15	18	20	1
S1 B22	11/07/2006	Via Campisi	40			22	25	27	
S1 B23	18/07/2006	Via Campisi	45		40				
S1 B24	27/07/2006	Via Sciuti	31		30				
S1 B25	11/05/2006	Sponde Oreto	45		45				
S1 B26	20/06/2006	Via Perez	30		28				
S1 B27	12/06/2006	Stazione Oreto N	30			14	18	22	
S1 B28	22/05/2006	Stazione Oreto N	30			10	15	22	1
S1 B29	26/06/2006	Via Perez	30	30					1
S1 B30	09/06/2006	Via Oreto	25	21					1
S1 B31	05/06/2006	Stazione Centrale	30		30				
S1 B32	19/05/2006	Stazione Centrale	30			10	17	22	
S1 B33	06/07/2006	Via Gorizia	30	24					
S1 B34	26/06/2006	Via Divisi	28			12	16	20,3	
S1 B35	10/07/2006	P.za S. Anna	25	25					
S1 B36	16/05/2006	Stazione Borsa	25		25				
S1 B37	30/05/2006	Stazione Borsa	30		30				
S1 B38	01/06/2006	C Vitt Emanuele	25		25				
S1 B39	08/06/2006	Via Roma	30		30				
S1 B40	18/07/2006	Via Patania	25		25				
S1 B41	12/06/2006	V. Maqueda	25		25				1
S1 B42	31/05/2006	Stazione Massimo	30			10	17	//	1
S1 B43	22/05/2006	Stazione Massimo	30		30				1
S1 B44	12/06/2006	P. Politeama	30			10	15	20	1
S1 B45	05/07/2006	Via Libertà	35		35				
S1 B46	03/07/2006	Via Libertà	35			14	20	24	
S1 B47	11/07/2006	Via Mattarella	35			17	20	25	
S1 B48	18/07/2006	Via G. di Maria	30		30				
S1 B49	25/07/2006	Stz. Notarbartolo.	30			16	19	20	
S1 B50	20/07/2006	Stz. Notarbartolo.	27		25				
S1 B51	19/07/2006	Stz. Notarbartolo	30		30				
S2 52	05/07/2006	Via Oreto	25			6	10	15	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice A – Quadro di sintesi dei sondaggi e della strumentazione installata

Sondaggi II fase	Data	Ubicazione	Profondità [m]	Lunghezza Down Hole	Piezometro a tubo aperto [m]	Profondità celle Casagrande [m dal p.c.]			Prove Menard
S2 53	28/07/2006	Via Brasca	25		25				
S2 54	03/08/2006	Via Pecoraro	30		30				
S2 55	08/06/2006	Rot Oreto	30			5	8	15	
S2 56	22/06/2006	Oreto	25		25				1
S2 57	03/07/2006	Stazione Oreto S	30			12	16	20	
S2 58	28/06/2006	Stazione Oreto S	30		30				
S2 59	14/07/2006	Via Campisi	45		45				
S2 60	17/05/2006	Sponda Oreto	40			18	22	25	
S2 61	12/06/2006	Sponda Oreto	40			16	19	22	
S2 62	15/06/2006	Via Perez	30			16	19	22	1
S2 63	25/05/2006	Stazione Oreto N	30		30				
S2 64	17/05/2006	Stazione Oreto N	30		30				
S2 65	22/06/2006	Via Borch	25		25				1
S2 66	03/07/2006	Via Errante	25						
S2 67	07/06/2006	Stazione Centrale	30		30				1
S2 68	30/05/2006	Stazione Centrale	30			10	15	20	1
S2 69	25/05/2006	Stazione Centrale	20		20				
S2 70	27/05/2006	Stazione Centrale	30	30					
S2 71	22/06/2006	Via Montesanto	25		25				
S2 72	20/06/2006	Via Cantavespri	25			14	17,3	20,5	
S2 73	12/05/2006	Stazione Borsa	30		30				
S2 74	18/05/2006	Stazione Borsa	30	30					
S2 74 bis	05/07/2006	P.za Borsa	20		20				
S2 75	26/07/2006	P.za S. Domenico	30			14	17	19,5	
S2 76	11/07/2006	P.za V. Bottego	25	25					
S2 77	20/07/2006	Via Bandiera	28		28				
S2 78	14/07/2006	Via Trabia	25		25				
S2 79	14/06/2006	Via Maqueda	30		30				
S2 80	25/05/2006	Stazione Massimo	30	29					
S2 81	17/05/2006	Stazione Massimo	30		30				
S2 82	06/06/2006	V Ruggero Settimo	25			10	15	20	
S2 83	16/06/2006	P. Politeama	30						1
S2 84	19/06/2006	P. Politeama	25	25					1
S2 85	26/06/2006	Staz. Archimede	19		19				
S2 86	07/07/2006	Via Libertà	37,5	37,5					
S2 87	29/06/2006	Via Libertà	45		45				
S2 88	14/07/2006	Via Arimondi	40	40					
S2 89	24/07/2006	Stz. Notarbartolo	30	30					



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

APPENDICE B

QUADRO DI SINTESI DELLE PROVE DI LABORATORIO



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA3			SA4			SA5	SA6		
Campione	CI1	CI2	CI3	CI1	CI2	CI3	CI1	CI1	CI2	
Profondità	da m	8.10	12.00	18.00	18.60	21.20	25.60	19.80	22.00	32.00
	a m	8.60	12.40	18.50	19.00	21.70	26.00	20.30	22.50	32.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	20/2/06	20/2/06	20/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	2/3/06	2/3/06	
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	21/2/06	22/2/06	22/2/06	15/2/06	15/2/06	20/2/06	20/2/06	2/3/06	2/3/06	
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	1/3/06	1/3/06	1/3/06	21/2/06	21/2/06	21/2/06	21/2/06	8/3/06	8/3/06	
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	27/2/06	27/2/06	27/2/06	17/2/06	17/2/06	17/2/06	16/2/06	6/3/06	6/3/06	
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	20/2/06	20/2/06	20/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	2/3/06	2/3/06	
w_p	●	●		●			●		●	
Data	28/2/06	28/2/06		20/2/06			20/2/06		7/3/06	
w_l	●	●		●			●		●	
Data	28/2/06	28/2/06		20/2/06			20/2/06		7/3/06	
PROVE MECCANICHE										
C E	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	21/2/06	21/2/06	27/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	15/2/06	3/3/06	3/3/06	
C S							●		●	
Data							28/2/06		7/3/06	
TD (CD)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	21/2/06	22/2/06	22/2/06	15/2/06	15/2/06	20/2/06	20/2/06	2/3/06	2/3/06	
TD (Res)										



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data										
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA8				SA9				SA10	SA11	
Campione	1	2	3	4	1	2	3	4	1	1	
Profondità	da m	17.20	25.60	28.30	32.80	22.60	25.00	27.00	29.70	28.30	20.60
	a m	17.60	26.00	28.70	33.40	23.00	25.50	27.50	30.00	28.80	20.80
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	8/3/06	8/3/06	8/3/06	8/3/06	3/3/06	3/3/06	3/3/06	3/3/06	29/3/06	30/3/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ									●	
Data									3/4/06	
γ_d										
Data										
γ_s	●	●		●	●	●	●	●	●	
Data	15/3/06	15/3/06		15/3/06	8/3/06	8/3/06	8/3/06	15/3/06	5/4/06	
G	●	●		●	●	●	●	●		
Data	9/3/06	9/3/06		9/3/06	6/3/06	6/3/06	6/3/06	9/3/06		
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	8/3/06	8/3/06	8/3/06	8/3/06	3/3/06	3/3/06	3/3/06	3/3/06	29/3/06	30/3/06
w_p		●	●	●	●	●	●	●		
Data		14/3/06	14/3/06	14/3/06	7/3/06	7/3/06	7/3/06	14/3/06		
w_l		●	●	●	●	●	●	●		
Data		14/3/06	14/3/06	14/3/06	7/3/06	7/3/06	7/3/06	14/3/06		

PROVE MECCANICHE

$C E$										
Data										
$C S$									●	
Data									3/4/06	
$TD (CD)$										
Data										



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA11		SA12				SA13				
Campione	2	3	R1	1	R2	2	3	1	2	3	
Profondità	da m	24.20	27.70	11.50	25.30	26.20	30.00	33.50	11.00	17.00	21.20
	a m	24.50	28.00	11.80	25.60	26.40	30.40	33.80	11.30	17.40	21.60
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	30/3/06	30/3/06	9/3/06	10/3/06	9/3/06	10/3/06	10/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ				●		●	●			
Data				10/3/06		10/3/06	13/3/06			
γ_d										
Data										
γ_s	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/4/06		16/3/06	23/3/06	23/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06
G	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Data	6/4/06		15/3/06	15/3/06	15/3/06	15/3/06	15/3/06	17/3/06	20/3/06	17/3/06
w	●	●		●		●	●	●	●	●
Data	30/3/06	30/3/06		10/3/06		10/3/06	10/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06
w_p	●		●	●	●		●			
Data	10/4/06		15/3/06	22/3/06	22/3/06		17/3/06			
w_l	●		●	●	●		●			
Data	10/4/06		15/3/06	22/3/06	22/3/06		17/3/06			

PROVE MECCANICHE

C E				●		●	●			
Data				10/3/06		10/3/06	10/3/06			
C S										
Data										
TD (CD)				●		●	●			



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data				10/3/06		10/3/06	13/3/06			
TD (Res)				●						
Data				13/3/06						

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA13		SA14					SA15			
Campione	4	5	1	2	3	4	5	1	R1	2	
Profondità	da m	24.00	34.40	10.70	12.60	19.60	25.50	34.00	17.60	21.20	23.00
	a m	24.50	34.80	11.00	13.00	20.00	25.90	34.40	18.00		23.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	29/3/06	21/3/06	29/3/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●	●						●			●
Data	15/3/06	15/3/06						15/3/06			29/3/06
γ_d											
Data											
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	24/3/06	24/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06	23/3/06	7/4/06	28/3/06		7/4/06
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	15/3/06	17/3/06	20/3/06	20/3/06	20/3/06	17/3/06	17/3/06	6/4/06	27/3/06		4/4/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●
Data	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	13/3/06	29/3/06		29/3/06
w_p		●						●			
Data		23/3/06						22/3/06			
w_l		●						●			
Data		23/3/06						22/3/06			

PROVE MECCANICHE

C E	●	●						●			●
Data	15/3/06	15/3/06						14/3/06			30/3/06
C S		●						●			
Data		16/3/06						16/3/06			



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

TD (CD)		●					●			●
Data		15/3/06					15/3/06			29/3/06
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA15									
Campione	3	4	R2	R3	R4					
Profondità	da m	27.30	32.30	35.90	37.50	39.60				
	a m	27.70	32.70							
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●					
Data	29/3/06	29/3/06	21/3/06	21/3/06	21/3/06					
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ	●	●								
Data	30/3/06	3/4/06								
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●					
Data	7/4/06	7/4/06	28/3/06	28/3/06	28/3/06					
G	●	●	●	●	●					
Data	6/4/06	4/4/06	27/3/06	27/3/06	27/3/06					
w	●	●								
Data	29/3/06	29/3/06								
w_p			●	●						
Data			27/3/06	28/3/06						
w_l			●	●						
Data			27/3/06	28/3/06						
PROVE MECCANICHE										
C E	●	●								
Data	30/3/06	30/3/06								



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

C S										
Data										
TD (CD)	●	●								
Data	30/3/06	3/4/06								
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	SA14			S1A1			S1A2		S1B17	
Campione	R1	R2	R3	1	2	3	1	2	1	2
Profondità da m	16.30	21.70	34.70	12.00	19.00	24.10	8.00	25.50	7.50	13.40
a m	16.50	21.90	35.00	12.50	19.50	24.60	8.20	26.00	7.90	13.80
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	29/5/06	29/5/06	29/5/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06	3/8/06	3/8/06	20/7/06	24/7/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ				●					●	
Data				27/7/06					20/7/06	
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●			●	●
Data	12/6/06	12/6/06	12/6/06	28/7/06	28/7/06	28/7/06			28/7/06	28/7/06
G	●	●	●	●	●	●			●	●
Data	8/6/06	8/6/06	8/6/06	31/7/06	28/7/06	28/7/06			24/7/06	26/7/06
w				●	●	●	●	●	●	●
Data				24/7/06	24/7/06	24/7/06	3/8/06	3/8/06	20/7/06	24/7/06
w_p										
Data										
w_l										
Data										

PROVE MECCANICHE



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

C E									●	
Data									21/7/06	
C S										
Data										
TD (CD)				●					●	
Data			27/7/06						20/7/06	
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B17		S1B18		S1B19					S1B20	
Campione	3	4	1	2	1	2	3	4	5	1	
Profondità	da m	18.60	22.60	12.00	19.50	14.00	16.20	19.50	22.50	25.00	9.50
	a m	19.00	23.00	12.50	20.00	14.50	16.60	20.00	23.00	25.50	10.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	24/7/06	24/7/06	2/8/06	3/8/06	7/7/06	13/7/06	12/7/06	13/7/06	14/7/06	4/7/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ					●					●
Data					12/7/06					6/7/06
γ_d										
Data										
γ_s	●	●			●	●	●	●	●	●
Data	28/7/06	28/7/06			14/7/06	18/7/06	18/7/06	18/7/06	18/7/06	11/7/06
G	●	●			●	●	●	●	●	●
Data	31/7/06	26/7/06			13/7/06	17/7/06	17/7/06	17/7/06	24/7/06	10/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	24/7/06	24/7/06	2/8/06	3/8/06	7/7/06	13/7/06	12/7/06	13/7/06	14/7/06	4/7/06
w_p										●
Data										2/8/06
w_l										●
Data										2/8/06



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

PROVE MECCANICHE

C E					●					●
Data					14/7/06					14/7/06
C S										
Data										
TD (CD)					●					●
Data					12/7/06					6/7/06
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B20		S1B21				S1B22		S1B23	
Campione	2A	2B	1	2	3	4	1	2	1	2
Profondità da m	15.00		19.50	22.30	25.40	29.50	28.50	34.50	21.00	25.50
a m	15.40		20.00	22.80	25.80	30.00	28.90	35.00	21.50	26.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	13/7/06		5/7/06	14/7/06	13/7/06	13/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●	●							●	
Data	19/7/06	14/7/06							31/7/06	
γ_d										
Data										
γ_s	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Data	18/7/06	18/7/06		18/7/06	18/7/06	18/7/06	28/7/06	28/7/06	28/7/06	28/7/06
G	●	●		●	●	●	●	●	●	●
Data	24/7/06	20/7/06		18/7/06	18/7/06	18/7/06	28/7/06	27/7/06	31/7/06	31/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	13/7/06	13/7/06	5/7/06	14/7/06	13/7/06	13/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06
w_p	●				●					
Data	2/8/06				27/7/06					
w_l	●				●					



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	2/8/06				27/7/06				
PROVE MECCANICHE									
C E	●								
Data	19/7/06								
C S									
Data									
TD (CD)		●						●	
Data		14/7/06						31/7/06	
TD (Res)									
Data									

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B23		S1B25							
Campione	R1	3	R1	1	2	3	4	5		
Profondità	da m	29.00	41.50	6.80	14.50	19.70	31.60	36.50	39.50	
	a m	29.50	42.00	7.00	15.00	20.00	32.00	36.90	40.00	
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●		
Data	27/7/06	24/7/06	9/6/06	16/5/06	19/5/06	19/5/06	16/5/06	17/5/06		
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ				●	●	●	●	●		
Data				16/5/06	25/5/06	25/5/06	16/5/06	19/5/06		
γ_d										
Data										
γ_s		●	●	●	●	●	●	●		
Data		28/7/06	14/6/06	26/5/06	6/6/06	31/5/06	29/5/06	29/5/06		
G		●	●	●	●	●	●	●		
Data		27/7/06	14/6/06	23/5/06	31/5/06	26/5/06	22/5/06	29/5/06		
w	●	●		●	●	●	●	●		
Data	27/7/06	24/7/06		16/5/06	19/5/06	19/5/06	16/5/06	17/5/06		
w_p				●	●	●	●	●		
Data				25/5/06	5/6/06	30/5/06	26/5/06	24/5/06		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

w_l				●	●	●	●	●		
Data				25/5/06	5/6/06	30/5/06	26/5/06	24/5/06		
PROVE MECCANICHE										
C E				●	●	●	●	●		
Data				19/5/06	23/5/06	23/5/06	19/5/06	22/5/06		
C S						●				
Data						6/7/06				
TD (CD)				●	●	●	●	●		
Data				16/5/06	25/5/06	25/5/06	16/5/06	19/5/06		
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B26		S1B27			S1B28			S1B29		
Campione	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	
Profondità	da m	22.00	29.50	20.50	23.50	25.00	22.50	23.50	25.80	20.00	23.00
	a m	22.50	30.00	21.00	23.90	25.50	23.00	23.80	26.30	20.50	23.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/7/06	13/7/06	17/5/06	19/5/06	19/5/06	31/5/06	31/5/06	1/6/06	7/7/06	13/7/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ			●	●	●	●	●	●		
Data			29/5/06	22/5/06	23/5/06	31/5/06	1/6/06	1/6/06		
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	28/7/06	28/7/06	23/5/06	26/5/06	30/5/06	6/6/06	6/6/06	3/7/06	18/7/06	18/7/06
G	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Data	11/7/06	17/7/06	23/5/06	23/5/06	26/5/06	5/6/06		8/6/06	13/7/06	17/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/7/06	13/7/06	17/5/06	19/5/06	19/5/06	31/5/06	31/5/06	1/6/06	7/7/06	13/7/06
w_p	●			●	●			●		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	27/7/06			25/5/06	29/5/06			30/6/06		
w_l	●			●	●			●		
Data	27/7/06			25/5/06	29/5/06			30/6/06		
PROVE MECCANICHE										
C E			●	●	●	●	●	●		
Data			19/5/06	22/5/06	23/5/06	7/6/06	7/6/06	8/6/06		
C S			●		●			●		
Data			15/6/06		12/6/06			12/6/06		
TD (CD)			●	●	●	●	●	●		
Data			29/5/06	22/5/06	23/5/06	31/5/06	1/6/06	1/6/06		
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B30		S1B31	S1B32		S1B33		S1B35		S1B36	
Campione	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	
Profondità	da m	21.00	24.00	18.30	21.40	23.00	20.00	25.00	15.00	17.70	13.60
	a m	21.50	24.50	18.60	21.80	23.50	20.50	25.50	15.60	18.30	14.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	12/7/06	14/7/06	22/6/06	1/6/06	1/6/06	24/7/06	24/7/06	21/7/06	26/7/06	5/6/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ			●	●	●					
Data			22/6/06	2/6/06	5/6/06					
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	18/7/06	18/7/06	3/8/06	7/6/06	7/6/06	28/7/06	28/7/06	28/7/06	31/7/06	
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	14/7/06	20/7/06	28/6/06	8/6/06	8/6/06	27/7/06	31/7/06	26/7/06	31/7/06	
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	12/7/06	14/7/06	22/6/06	1/6/06	1/6/06	24/7/06	24/7/06	21/7/06	26/7/06	5/6/06



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

w_p			●							
Data			2/8/06							
w_l			●							
Data			2/8/06							
PROVE MECCANICHE										
C E				●	●					
Data				8/6/06	8/6/06					
C S			●							
Data			6/7/06							
TD (CD)			●	●	●					
Data			22/6/06	2/6/06	5/6/06					
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B37		S1B39			S1B40		S1B42	S1B43	
Campione	1	2	1	2	R1	R1	R2	1	1	2
Profondità da m	11.60	27.00	4.10	20.50	27.50	15.50	18.30	14.50	12.00	17.50
a m	11.80	27.60	4.70	20.75	27.75	15.75	18.60	15.00	12.50	18.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	17/6/06	25/7/06	25/7/06	26/7/06	27/7/06	27/7/06	27/7/06	3/7/06	26/5/06	26/5/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ										
Data										
γ_d										
Data										
γ_s		●	●	●				●	●	●
Data		31/7/06	31/7/06	31/7/06				28/7/06	6/7/06	6/7/06
G		●	●	●				●	●	●
Data		31/7/06	31/7/06	31/7/06				5/7/06	31/5/06	31/5/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	17/6/06	25/7/06	25/7/06	26/7/06	27/7/06	27/7/06	27/7/06	3/7/06	26/5/06	26/5/06
w_p								●		
Data								27/7/06		
w_l								●		
Data								27/7/06		

PROVE MECCANICHE

C E										
Data										
C S										
Data										
TD (CD)										
Data										
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B43									
Campione	3									
Profondità da m	22.00									
a m	22.40									
Riconoscimento e descrizione	●									
Data	26/5/06									

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●									
Data	26/5/06									
γ_d										
Data										
γ_s	●									
Data	15/6/06									
G	●									
Data	29/5/06									



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

w	●									
Data	26/5/06									
w_p	●									
Data	14/6/06									
w_l	●									
Data	14/6/06									

PROVE MECCANICHE

C E	●									
Data	5/6/06									
C S										
Data										
TD (CD)	●									
Data	26/5/06									
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S1B44			S1B45		S1B46		S1B47	S1B48	S1B51
Campione	1	2	3	1	2	1	2	1	1	1
Profondità da m	13.00	17.00	22.00	20.50	23.50	34.50	43.00	18.00	23.00	24.50
a m	13.50	17.50	22.50	21.00	24.00	35.00	43.50	18.50	23.50	25.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	19/6/06	3/7/06	14/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06	19/7/06	24/7/06	3/8/06	3/8/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●	●								
Data	19/6/06	4/7/06								
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●		●		
Data	17/7/06	3/8/06	18/7/06	31/7/06	31/7/06	31/7/06		31/7/06		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

G	●		●	●	●	●		●		
Data	20/6/06		18/7/06	31/7/06	26/7/06	27/7/06		26/7/06		
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	19/6/06	3/7/06	14/7/06	24/7/06	24/7/06	24/7/06	19/7/06	24/7/06	3/8/06	3/8/06
w_p	●	●								
Data	14/7/06	2/8/06								
w_l	●	●								
Data	14/7/06	2/8/06								
PROVE MECCANICHE										
C E	●									
Data	22/6/06									
C S										
Data										
TD (CD)	●	●								
Data	19/6/06	4/7/06								
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-52			S2-55					S2-56	
Campione	1	2	3	1	2	3	4	R1	1	2
Profondità da m	4.50	18.50	22.20	7.50	10.50	18.00	24.50	41.20	9.00	11.00
a m	4.70	19.00	22.50	8.00	11.00	18.50	25.00	41.50	9.40	11.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	19/7/06	24/7/06	24/7/06	16/6/06	16/6/06	16/6/06	22/6/06	27/7/06	7/7/06	7/7/06
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ	●			●	●		●		●	●
Data	19/7/06			16/6/06	16/6/06		22/6/06		7/7/06	7/7/06
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●		●		●	●



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	3/8/06	31/7/06	31/7/06	30/6/06	18/7/06		11/7/06		11/7/06	11/7/06
G	●	●	●	●	●		●		●	●
Data	24/7/06	31/7/06	28/7/06	19/6/06	20/6/06		28/6/06		11/7/06	11/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	19/7/06	24/7/06	24/7/06	16/6/06	16/6/06	16/6/06	22/6/06	27/7/06	7/7/06	7/7/06
w_p	●			●	●		●			
Data	2/8/06			29/6/06	14/7/06		10/7/06			
w_l	●			●	●		●			
Data	2/8/06			29/6/06	14/7/06		10/7/06			
PROVE MECCANICHE										
C E	●			●	●				●	●
Data	21/7/06			3/7/06	4/7/06				12/7/06	12/7/06
C S				●			●			
Data				6/7/06			6/7/06			
TD (CD)	●			●	●		●		●	●
Data	19/7/06			16/6/06	16/6/06		22/6/06		7/7/06	7/7/06
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-56			S257				S2-58		
Campione	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3
Profondità da m	17.50	21.00	23.30	16.00	20.50	23.60	28.50	19.80	21.50	24.00
a m	18.00	21.40	23.70	16.50	21.00	24.00	29.00	20.30	22.00	24.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/7/06	14/7/06	14/7/06	7/7/06	12/7/06	13/7/06	13/7/06	7/7/06	12/7/06	13/7/06

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●	●		●				●		
Data	17/7/06	17/7/06		10/7/06				13/7/06		
γ_d										
Data										



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

γ_s	●	●	●	●		●	●	●	●	●
Data	11/7/06	18/7/06	18/7/06	12/7/06		18/7/06	18/7/06	17/7/06	17/7/06	17/7/06
G	●	●	●	●		●	●	●	●	●
Data	13/7/06	18/7/06	18/7/06	11/7/06		20/7/06	18/7/06	11/7/06	17/7/06	18/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/7/06	14/7/06	14/7/06	7/7/06	12/7/06	13/7/06	13/7/06	7/7/06	12/7/06	13/7/06
w_p								●		
Data								14/7/06		
w_l								●		
Data								14/7/06		

PROVE MECCANICHE

C E	●									
Data	19/7/06									
C S										
Data										
TD (CD)	●	●		●				●		
Data	17/7/06	17/7/06		10/7/06				13/7/06		
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-58	S2-59								
Campione	4	R1	1	R2	2					
Profondità	da m	27.00	14.00	21.00	24.40	25.80				
	a m	27.50	14.30	21.50	24.80	26.00				
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●					
Data	14/7/06	27/7/06	24/7/06	27/7/06	24/7/06					

CARATTERISTICHE FISICHE

γ					●				
Data					25/7/06				
γ_d									



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data										
γ_s	●		●		●					
Data	18/7/06		31/7/06		31/7/06					
G	●		●		●					
Data	24/7/06		27/7/06		27/7/06					
w	●	●	●	●	●					
Data	14/7/06	27/7/06	24/7/06	27/7/06	24/7/06					
w_p										
Data										
w_l										
Data										
PROVE MECCANICHE										
C E										
Data										
C S										
Data										
TD (CD)					●					
Data					25/7/06					
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-60					S2-61		S2-62			
Campione	R1	1	2	3	4	1	2	1	2	3	
Profondità	da m	15.50	16.00	32.00	34.20	37.40	14.60	21.00	7.50	10.00	20.00
	a m		16.50	32.50	34.70	37.80	15.00	21.50	8.00	10.50	20.50
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	9/6/06	16/5/06	29/5/06	29/5/06	30/5/06	3/7/06	25/7/06	19/6/06	20/6/06	14/7/06	
CARATTERISTICHE FISICHE											
γ		●	●	●	●	●		●	●		
Data		16/5/06	29/5/06	29/5/06	30/5/06	3/7/06		19/6/06	20/6/06		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	21/6/06	29/5/06	6/6/06	6/6/06	6/6/06	3/8/06	31/7/06	3/8/06	3/8/06	21/7/06
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	14/6/06	23/5/06	5/6/06	31/5/06	5/6/06	6/7/06	28/7/06	23/6/06	23/6/06	18/7/06
w		●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data		16/5/06	29/5/06	29/5/06	30/5/06	3/7/06	25/7/06	19/6/06	20/6/06	14/7/06
w_p		●		●		●		●	●	
Data		26/5/06		5/6/06		2/8/06		2/8/06	2/8/06	
w_l		●		●		●		●	●	
Data		26/5/06		5/6/06		2/8/06		2/8/06	2/8/06	

PROVE MECCANICHE

C E		●	●	●	●	●		●	●	
Data		19/5/06	31/5/06	31/5/06	31/5/06	4/7/06		21/6/06	22/6/06	
C S		●		●				●	●	
Data		6/7/06		14/6/06				6/7/06	6/7/06	
TD (CD)		●	●	●	●	●		●	●	
Data		16/5/06	29/5/06	29/5/06	30/5/06	3/7/06		19/6/06	20/6/06	
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-63			S2-64			S2-65		S2-66	
Campione	1	2	3	1	R1	2	1	2	1	
Profondità	da m	20.40	23.00	25.00	21.40	24.00	24.10	18.20	24.50	19.40
	a m	20.80	23.50	25.50	21.90		24.60	18.70	25.00	19.70
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	5/6/06	7/6/06	25/7/06	7/6/06	9/6/06	9/6/06	7/7/06	13/7/06	13/7/06	

CARATTERISTICHE FISICHE

γ	●	●	●	●		●	●			
----------	---	---	---	---	--	---	---	--	--	--



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	7/6/06	7/6/06	28/7/06	7/6/06		8/6/06	13/7/06			
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	13/6/06	20/6/06	31/7/06	29/6/06	29/6/06	29/6/06	12/7/06	18/7/06	18/7/06	
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	12/6/06	19/6/06	28/7/06	12/6/06	19/6/06	19/6/06	12/7/06	17/7/06	17/7/06	
w	●	●	●	●		●	●	●	●	
Data	5/6/06	7/6/06	25/7/06	7/6/06		9/6/06	7/7/06	13/7/06	13/7/06	
w_p				●	●	●				
Data				28/6/06	28/6/06	28/6/06				
w_l				●	●	●				
Data				28/6/06	28/6/06	28/6/06				

PROVE MECCANICHE

C E										
Data										
C S										
Data										
TD (CD)										
Data										
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-67			S2-68	S2-69		S2-70			S2-73
Campione	1	2	3	1	1	2	1	2	3	R1
Profondità da m	20.60	22.40	29.20	21.30	14.50	19.40	20.60	26.40	29.20	13.50
a m	21.00	22.80	29.60	21.70	14.90	19.80	21.00	26.80	29.70	
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	12/6/06	14/6/06	14/6/06	12/6/06	21/6/06	21/6/06	20/7/06	20/7/06	20/7/06	9/6/06

CARATTERISTICHE FISICHE



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

γ	●	●	●	●		●	●			
Data	12/6/06	14/6/06	14/6/06	12/6/06		21/6/06	31/7/06			
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	20/6/06	20/6/06	20/6/06	20/6/06	28/6/06	28/6/06	25/7/06	25/7/06	25/7/06	20/6/06
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	19/6/06	20/6/06	19/6/06	19/6/06	28/6/06	28/6/06	24/7/06	26/7/06	24/7/06	19/6/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	12/6/06	14/6/06	14/6/06	12/6/06	21/6/06	21/6/06	20/7/06	20/7/06	20/7/06	
w_p										
Data										
w_l										
Data										
PROVE MECCANICHE										
C E	●		●			●				
Data	16/6/06		28/6/06			3/7/06				
C S										
Data										
TD (CD)	●	●	●	●		●	●			
Data	12/6/06	14/6/06	14/6/06	12/6/06		21/6/06	31/7/06			
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-73		S2-74				S2-74bis				
Campione	1	R2	1A	1B	2	3	1	R1	R2	2	
Profondità	da m	26.00	29.60	10.00		21.40	25.30	3.00	4.00	5.70	7.00
	a m	26.60		10.60		22.00	25.80	3.20	4.20	6.00	7.60
Riconoscimento e descrizione	●	●	●		●	●	●	●	●	●	
Data	9/6/06	9/6/06	3/7/06		25/7/06	25/7/06	7/7/06	9/6/06	9/6/06	7/7/06	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

CARATTERISTICHE FISICHE										
γ	●									
Data	9/6/06									
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	23/6/06	29/6/06	11/7/06	31/7/06	31/7/06	8/8/06				18/7/06
G	●	●	●	●	●	●				●
Data	19/6/06	20/6/06	6/7/06	31/7/06	31/7/06	7/8/06				13/7/06
w	●		●	●	●	●	●	●	●	●
Data	9/6/06		3/7/06	3/7/06	25/7/06	25/7/06	7/7/06	9/6/06	9/6/06	7/7/06
w_p	●				●	●	●			●
Data	22/6/06				8/8/06	8/8/06	8/8/06			8/8/06
w_l	●				●	●	●			●
Data	22/6/06				8/8/06	8/8/06	8/8/06			8/8/06
PROVE MECCANICHE										
C E	●									
Data	16/6/06									
C S										
Data										
TD (CD)	●									
Data	9/6/06									
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-74bis								S2-76	S2-78
Campione	R3	R4	R5	3	R6	R7	R8	R9	1	R1
Profondità da m	8.80	9.80	11.00	12.00	16.40	17.80	18.50	19.80	20.70	16.20
a m	9.00	10.00	11.30	12.60	16.70	18.00	18.75	20.00	21.30	16.40
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Data	9/6/06	9/6/06	9/6/06	7/7/06	9/6/06	9/6/06	9/6/06	9/6/06	26/7/06	21/7/06
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ				●						
Data				7/7/06						
γ_d										
Data										
γ_s	●			●					●	●
Data	4/8/06			12/7/06					2/8/06	2/8/06
G	●			●					●	●
Data	27/7/06			12/7/06					31/7/06	31/7/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	9/6/06	9/6/06	9/6/06	7/7/06	9/6/06	9/6/06	9/6/06	9/6/06	26/7/06	21/7/06
w_p				●						
Data				8/8/06						
w_l				●						
Data				8/8/06						
PROVE MECCANICHE										
C E				●						
Data				7/7/06						
C S										
Data										
TD (CD)										
Data										
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-78		S2-80			S2-81			S2-82	
Campione	R2	R3	1	2	3	1	2	3	1	2
Profondità da m	21.80	23.50	12.00	18.00	29.50	19.50	25.50	29.50	5.50	13.00
a m	22.00	23.70	12.50	18.50	30.00	20.00	26.00	30.00	6.00	13.50



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	27/7/06	27/7/06	3/7/06	4/7/06	26/7/06	29/5/06	29/5/06	29/5/06	17/6/06	17/6/06
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ										●
Data										17/6/06
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	8/8/06	8/8/06	11/7/06	11/7/06	2/8/06	6/6/06	6/6/06	6/6/06	8/8/06	23/6/06
G	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	7/8/06	7/8/06	5/7/06	6/7/06	31/7/06	31/5/06	31/5/06	31/5/06	7/8/06	7/8/06
w	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Data	27/7/06	27/7/06	3/7/06	4/7/06	26/7/06	29/5/06	29/5/06	29/5/06	17/6/06	17/6/06
w_p								●		●
Data								30/6/06		8/8/06
w_l								●		●
Data								30/6/06		8/8/06
PROVE MECCANICHE										
C E										●
Data										4/7/06
C S										
Data										
TD (CD)										●
Data										17/6/06
TD (Res)										
Data										

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI TERRENO

Sondaggio	S2-82		S2-83	S2-84		S2-86		S2-87		
Campione	3	4	1	1	2	1	2	1		
Profondità da m	16.00	21.00	5.00	2.00	10.00	32.50	37.00	42.00		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

a m	16.50	21.50	5.50	2.50	10.50	33.00	37.50			
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●		
Data	3/7/06	26/7/06	21/6/06	5/7/06	5/7/06	24/7/06	21/7/06	14/7/06		
CARATTERISTICHE FISICHE										
γ	●	●		●	●		●	●		
Data	3/7/06	31/7/06		5/7/06	5/7/06		21/7/06	19/7/06		
γ_d										
Data										
γ_s	●	●	●	●	●	●	●	●		
Data	11/7/06	31/7/06	11/7/06	31/7/06	11/7/06	31/7/06	27/7/06	27/7/06		
G	●	●	●	●	●	●	●	●		
Data	5/7/06	31/7/06	28/6/06	10/7/06	10/7/06	28/7/06	26/7/06	7/8/06		
w	●	●	●	●	●	●	●	●		
Data	3/7/06	26/7/06	21/6/06	5/7/06	5/7/06	24/7/06	21/7/06	14/7/06		
w_p		●	●	●	●			●		
Data		8/8/06	10/7/06	27/7/06	8/8/06			8/8/06		
w_l		●	●	●	●			●		
Data		8/8/06	10/7/06	27/7/06	8/8/06			8/8/06		
PROVE MECCANICHE										
C E	●	●		●	●		●	●		
Data	4/7/06	31/7/06		6/7/06	13/7/06		24/7/06	20/7/06		
C S	●									
Data	6/7/06									
TD (CD)	●			●	●		●	●		
Data	3/7/06			5/7/06	5/7/06		21/7/06	19/7/06		
TD (Res)										
Data										



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice B – Quadro di sintesi delle prove di laboratorio

RIEPILOGO PROVE ESEGUITE SUI CAMPIONI DI ROCCIA LAPIDEA

Sondaggio	SA8								SA9		
Campione	A	B	C	D	E	F	G	H	A	B	
Profondità	da m	3.20	4.10	4.60	5.00	5.40	5.60	6.00	16.00	6.50	10.70
	a m	3.50	4.20	4.80	5.10	5.50	5.80	6.30	16.20	6.70	11.00
Riconoscimento e descrizione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Data	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	29/3/06	
CARATTERISTICHE FISICHE											
γ	●		●				●	●			
Data	3/4/06		3/4/06				3/4/06	3/4/06			
PROVE MECCANICHE											
CS	●		●				●	●			
Data	3/4/06		3/4/06				3/4/06	3/4/06			
CP	●	● x 3		● x 3	● x 2	● x 6			● x 4	● x 3	
Data	30/3/06	30/3/06		30/3/06	30/3/06	30/3/06			30/3/06	30/3/06	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica

APPENDICE C
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice C – Documentazione fotografica



Foto 1 - Sondaggio S1B41 da 3 m a 5 m – Via Scarlatti – Calcarenite biancastra





Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice C – Documentazione fotografica

Foto 2 - Sondaggio S2-79 da 5 m a 10 m – Via Maqueda – Calcarenite giallastra



Foto 3 - Sondaggio S2-79 da 5 m a 10 m – Via Maqueda – Calcarenite giallastra
Perdita della frazione sabbiosa a seguito del carotaggio



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica



Foto 4 – Ripresa sondaggio S1-B28 a 10,5 m – Via Perez
Calcarenite carotata come sabbia Sc



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica



Foto 5 – Ripresa sondaggio S1-B41 a 6,5 m – Via Scarlatti
Perdita totale della sabbia tra i livelli calcarenitici





Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica

Foto 6 – Ripresa sondaggio S1-B41 a 7,8 m – Via Scarlatti



Calcarenite CL compatta e ben cementata



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica

Foto 7 – Ripresa sondaggio S1-B32 a 7,8 m – Piazza Giulio Cesare
Calcarenite debolmente cementata prelevata come sabbia Sc



Foto 8 – Ripresa sondaggio S2-68 a 9,3 m – Piazza Giulio Cesare
Calcarenite debolmente cementata CLs



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica



Foto 9 – Ripresa sondaggio S2-68 a 10 m – Piazza Giulio Cesare
Calcarene debolmente cementata CLs





Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice C – Documentazione fotografica

Foto 10- Sondaggio S2-79 da 27,8 m a 28 m – Via Maqueda – Breccia conchigliare



Foto 11 – Ripresa sondaggio S1B44 a 9 m – Piazza Politeama
Quarzarenite Qz



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

APPENDICE D
RISULTATI DELLE PROVE IN SITO



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

RISULTATI DELLE PROVE DOWN - HOLE



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Foro	Ubicazione	profondità dal p.c. [m]	terreno		Vs [m/s]	γ [kN/m ³]	E [MPa]	G [MPa]	ν
S1-A2	Rotonda Oreto	0-3	R	LR	250	16,7	310	114	0,351
		3-13	SLc	LA	320	19,6	623	221	0,44
		13-20	S		401	21,1	106	363	0,471
S1B29	Via Perez	0-3	R		398	17,9	852	335	0,314
		3-13	CL	CLs	334	20,0	657	234	0,466
		13-20	Sc		653	21,2	2790	998	0,42
S1B30	Via Perez	0-3	R		246	17,5	318	112	0,42
		3-13	Sc	CLs	414	18,2	1030	367	0,42
		13-20	Sc	CL	817	21,7	4290	1540	0,4
S1B30	Via Gorizia	0-1	R		265	17,4	347	124	0,4
		1-11	Sc		325	19,0	685	240	0,44
		11-20	CL	S	645	21,5	4300	1580	0,38
S1B35	Ptta S. Anna	0-4	R		316	18,3	533	198	0,45
		4-14	SL	LO	424	19,4	1020	364	0,4
		14-25	SLc		216	18,9	299	102	0,47
S2-70	Piazza Giulio Cesare	0-3	R		240	16,2	279	109	0,31
		3-7	Sc		477	20,0	1520	462	0,43
		7-15	Sc		1056	22,2	6810	2500	0,36
		15-21	CL	S	362	19,0	950	345	0,41
		21-30	S		667	21,0	2880	948	0,41
S2-74	Piazza Borsa	0-3	R		284	17,9	421	150	0,41
		3-20	SL	LO	366	20,5	878	300	0,47
S2-76	P.za V. Bottego	0-1	R		239	16,1	192	71,8	0,34
		1-15	ALF		472	19,6	1770	641	0,42
		15-25	ALF	Sc	544	20,2	1740	618	0,41
S2-80	Piazza Massimo	0-1	R		319	20,2	614	209	0,47
		1-11	CL	Sc	738	21,1	3350	1220	0,4
		11-19	Sc		668	20,6	2530	849	0,39
		19-25	Sc	CL	296	18,3	506	178	0,43
		25-30	Sc		632	20,4	2290	824	0,39
S2-84	Piazza Politeama	0-4	R	DT	206	19,0	257	87,3	0,48
		4-14	QZ	FN	749	21,3	3880	1340	0,4
		14-25	FN		357	19,2	787	274	0,43
S2-86	Via Libertà	0-2	R		202	18,2	231	79,4	0,46
		2-30	Sc	CLs	444	20,7	1280	435	0,46
S2-88	Via Arimondi	0-2	R		388	19,0	819	290	0,41
		2-20	Sc		514	20,3	1690	590	0,43
S2-89	Stazione Notarbartolo	0-7	Sc	CLs	376	19,4	824	290	0,42
		7-25	Sc	CL	760	21,1	3520	1290	0,38
		25-27	Sc		208	17,7	225	77,9	0,45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

		27-30	S	554	20,6	1830	641	0,43
--	--	-------	---	-----	------	------	-----	------



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

RISULTATI DELLE PROVE PRESSIOMETRICHE



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

sondaggio	ubicazione	L [m]	terreno	ν	G [MPa]	E [MPa]	ϕ' [°]	ϕ_{cr}' [°]	ψ [°]	c_u [MPa]	k_0
S1A1	Svincolo Oreto	9	SLc	0,30	3,7	9,5	12	25	-14,0		
S1B19	Svincolo Oreto	13,5	S	0,33	3,0	8,0				1,3	0,47
S1B20	Oreto	11,5	LS	0,30	2,8	7,2	31		31,0		
S1B28	Via Perez	12	Sc	0,33	1,0	2,0					1,10
S1B29	Via Perez	9,0	CLs	0,33	1,0	2,0					1,29
S1B30	Via Oreto	5,0	CLs	0,33	0,0	0,0					0,74
S1B40	Via Pataria	12,5	Sc	0,30	2,3	6,0	30	25	5,3		
S1B41	Via Scarlatti	7,0	CL	0,33	0,0	1,0					1,35
S1B42	Piazza Massimo	14,0	Sc	0,30	2,9	7,6	16	25	-9,3		
S1B43	Piazza Massimo	10,2	Sc	0,33	1,0	1,0					1,14
S1B44	Piazza Politeama	5,5	Qz	0,33	7,0	19,0				4,3	0,19
S1B45	Via Libertà	5,0	SLc	0,33	0,0	1,0					0,84
S1B46	Via Libertà	15,0	Sc	0,33	0,0	1,0					0,42
S1B47	Via Mattarella	10	CLs	0,33	1,0	2,0					1,28
S1B48	Via G. di Maria	23,0	SL	0,33	3,0	7,0				1,5	0,48
S1B49	Stazione. Notarbartolo	10,0	Sc	0,33	1,0	2,0					2,16
S1B50	Stazione Notarbartolo	12,0	Sc	0,33	1,0	3,0					0,84
S1B51	Stazione Notarbartolo	15,0	CLs	0,33	1,0	2,0					0,95
S2-56	Oreto	6,5	LA	0,33	4,0	10,0				2,2	0,89
S2-58	Stz. Oreto Sud	7,4	CLs	0,33	0,0	1,0					1,35
S2-62	Via Perez	22,0	ALF	0,30	2,7	7,0	33	25	8,8		
S2-65	Via Borch	7	Sc	0,33	2,0	6,0				1,6	1,20
S2-66	Via Errante	3,5	CLs	0,33	0,0	1,0					2,26
S2-67	Piazza Giulio Cesare	10,0	Sc	0,33	0,0	1,0					0,47
S2-68	Piazza Giulio Cesare	21,0	S	0,30	2,4	6,1	29	25	4,6		
S2-83	Piazza Politeama	4,5	FNa	0,30	3,0	7,9	32	25	7,9		
S2-84	Piazza Politeama	6,2	Qz	0,30	14,5	37,8	32	25	8,0		
S2-86	Via Libertà	9,2	CLs	0,30	26,1	67,8	21	25	-4,1		
S2-87	Via Libertà	12,0	CLs	0,33	23,0	60,0				12,7	0,48
S2-88	Via Arimendi	4,5	Sc	0,30	3,4	8,9	32	25	8,0		
S2-89	Stazione Notarbartolo	9,0	CLs	0,33	1,0	3,0					2,11

L = profondità dal p.c.

ν = coefficiente di Poisson



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

G = modulo di taglio dinamico	E = modulo pressiometrico
φ' = angolo d'attrito	φ'_{cr} = angolo d'attrito a volume costante
ψ = angolo di dilatanza	c_u = coesione non drenata
k_0 = coefficiente di spinta a riposo	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

RISULTATI DELLE PROVE SPT



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S1 B25	5,00	5,45	2	4	6	ALF		35
	10,00	10,45	1	3	5	ALF		28
	12,50	12,95	4	6	6	ALF		30
	15,00	15,45	3	3	5	ALF		25
	18,00	18,45	8	15	28	ALF		38
	20,00	20,45	5	11	12	ALF		>30
	25,50	25,88	25	48	50	GS		>45
	30,00	30,45	33	42	48	GS		>45
S2 60	5,00	5,45	1	2	2	ALF		27
	10,00	10,45	4	16	9	Sc		38
	13,00	13,45	22	18	20	Sc		41
	16,50	16,95	9	10	11	LA		33
	20,00	20,45	7	12	19	Sc		>35
	23,50	23,95	5	8	5	Sc		>20
	26,80	27,25	19	26	42	Sc		>35
	35,00	35,45	3	5	12	S		>25
S1 B32	3,00	3,45	16	26	21	Sc		>45
	6,00	6,28	34	50	R	Sc		>45
	12,00	12,45	12	31	19	Sc		>45
	15,00	15,45	11	37	22	Sc		43
	19,00	19,45	4	7	18	Sc		>30
	23,50	23,9	2	3	5	S		>25
	27,00	27,45	5	3	6	S		>25
S2 69	5,00	5,45	2	1	2	R		25
	7,00	7,18	39	50	R	CL		>45
	10,00	10,45	11	19	16	CLs		42
	13,00	13,45	6	13	17	CLs		38
	16,00	16,36	21	38	50	CL		>45
	20,00	20,45	1	3	5	S		>20
S2 70	5,00	5,45	14	21	29	Sc		>45
	8,00	8,42	19	28	50	Sc		>45
	11,00	11,45	6	17	9	Sc		38
	14,00	14,45	27	18	36	Sc		>45
	17,00	17,29	31	50	R	CLs		>45
	19,50	19,9	28	42	R	CN		>45
	23,00	23,45	30	19	35	S		>30
	27,00	27,45	25	22	31	S		>30
S1 B43	5,00	5,45	30	50	R	CL		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	10,00	10,45	17	23	14	Sc	43
	15,00	15,45	13	9	15	Sc	35
	20,00	20,45	18	16	22	Sc	>35
	25,00	25,22	50	R		FNr	>40
	28,00	28,45	28	33	38	FNr	>35

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S2 81	5,00	5,45	23	44	50	Sc		>45
	10,00	10,45	21	14	20	Sc		42
	15,00	15,45	20	17	23	Sc		39
	21,00	21,45	38	45	42	FN		>45
	23,50	23,95	25	29	33	FNs		>40
	27,00	27,45	35	26	38	FN		>40
S1 B31	4,00	4,27	19	50	R	CLs		>45
	8,00	8,22	36	50	R	Sc		>45
	11,00	11,45	13	21	27	Sc		44
	14,00	14,45	11	24	19	Sc		41
	17,00	17,45	8	19	15	CLs		37
	20,00	20,45	2	3	5	S		>25
	25,00	25,45	13	28	39	S		>35
S2 67	3,00	3,45	5	12	27	CLs		>45
	6,00	6,45	13	19	38	CLs		>45
	9,00	9,37	18	29	50	CL		>45
	12,00	12,45	4	28	23	CL		44
	15,00	15,45	13	24	36	CL		44
	20,00	20,45	2	4	5	LA		>20
	22,50	22,95	5	6	8	S		>25
	28,00	28,45	12	18	12	S		>30
S2 56	4,00	4,27	28	50	R	DT		>45
	8,00	8,45	8	11	15	Sc		40
	11,50	11,95	7	12	19	S		39
	15,00	15,45	9	12	17	S		37
	18,00	18,45	8	15	24	S		32
	22,00	22,45	8	13	25	LS		>35
	25,00	25,45	9	15	25	S		>35



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

S1 B19	3,00	3,45	16	26	38	Sc		>45
	6,00	6,45	19	34	28	CL		>45
	9,00	9,45	7	15	21	SLc		43
	14,50	14,95	7	13	19	S		38
	20,00	20,45	8	13	18	S		37
	23,00	23,45	7	12	21	S		>35
S1 B20	3,00	3,45	10	17	26	DT		>45
	6,00	6,45	1	2	4	SLc	80	
	10,00	10,45	8	11	15	LS	380	

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S2 58	5,00	5,45	15	21	28	CV		>45
	7,00	7,36	19	38	50	CLs		>45
	10,00	10,45	16	27	39	Sc		>45
	15,00	15,45	2	3	5	CLs		26
	20,30	20,75	6	9	16	S		34
	24,50	24,95	8	13	21	S		>35
	27,50	27,95	7	13	23	S		>35
S1 B21	5,00	5,45	16	12	22	Sc		>45
	8,00	8,25	37	50	R	CV		>45
	11,00	11,45	16	28	23	Sc		45
	15,00	15,45	3	12	9	Sc		34
	20,00	20,45	6	9	13	LS	330	
	25,80	26,45	6	9	14	S		>25
S2 85	4,50	4,95	3	5	8	Sc		37
	9,00	9,45	18	25	30	CL		>45
	16,00	16,45	7	9	13	Sc		34
S2 87	5,00	5,45	18	26	35	CL		>45
	9,00	9,45	28	15	18	CL		42
	14,00	14,45	10	7	6	Sc		30
	20,00	20,45	6	12	14	LA		35
	26,00	26,45	8	6	10	SLc		>30
	29,00	29,45	12	10	15	SLc		>30
S1 B46	5,00	5,45	27	22	25	CLs		>45
	10,00	10,45	18	24	16	Sc		43



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	15,00	15,45	11	9	7	Sc		33
	20,00	20,45	6	5	8	Sc		A25
	23,50	23,95	15	11	18	S		>30
	28,00	28,45	22	29	21	S		>35
S2 61	6,00	6,45	9	14	30	R		>45
	11,00	11,45	8	25	40	R		>45
	15,00	15,45	12	18	25	ALF		40
	24,00	24,45	18	31	R	CLs		>45
	28,00	28,45	6	18	21	CLs		36
	32,00	32,45	14	22	38	Sc		>35
	36,00	36,45	18	22	13	Sc		>30

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S2 62	3,00	3,45	12	20	36	R		>45
	6,00	6,45	30	R		ALF		>45
	9,00	9,45	6	8	8	ALF		35
	15,00	15,45	10	6	18	ALF		35
	18,00	18,45	8	8	12	SG		33
	25,00	25,38	28	42	R	SG		>45
S1 B26	3,00	3,45	9	20	28	ALG		>45
	6,00	6,45	12	30	40	ALF		>45
	8,00	8,45	22	R		ALG		>45
	12,00	12,45	14	18	32	ALF		44
	16,00	16,45	25	33	39	ALG		45
	21,50	21,95	9	17	11	ALF		>35
	26,00	26,45	5	12	18	SC		>30
S2 65	6,00	6,45	25	R		G		>45
	10,00	10,45	30	R		CL		>45
	15,00	15,45	40	R		Sc		>45
	18,00	18,45	5	12	12	S		64
	20,00	20,45	24	38	41	Sc		>40



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	24,00	24,45	11	14	9	S		>30
S1 B29	5,00	5,45	12	24	18	R		>45
	10,00	10,45	18	30	R	CLs		>45
	15,00	15,45	16	32	R	Sc		>45
	20,00	20,45	8	5	12	S		30
	28,50	28,95	23	31	35	Sc		>40
S1 B30	4,00	4,45	6	18	21	SLc		>45
	8,00	8,45	16	30	R	CLs		>45
	12,00	12,45	18	32	R	Sc		>45
	17,00	17,45	10	24	28	CL		>45
	20,50	20,95	9	5	12	S		>25
	25,00	25,45	15	18	8	S		>30
S2 66	4,00	4,45	18	30	R	CLs		>45
	8,00	8,45	28	R		Sc		>45
	12,00	12,45	20	44	R	Sc		>45
	15,50	15,9	38	45	R	Sc		>45
	20,00	20,45	28	32	38	SLc		>40

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S2 55	4,00	4,55	10	12	20	SLc		>45
	10,00	10,45	8	6	14	LS		42
	15,50	15,95	15	19	25	S		42
	20,00	20,45	6	6	12	S		32
	25,00	25,5	18	22	24	S		>35
S2 82	5,00	5,45	19	15	22	Sc		>45
	10,30	10,75	22	32	28	FNr		>45
	15,00	15,45	19	21	39	FN		43
	19,00	19,45	20	23	41	FN		>30
	24,00	24,45	17	22	29	FN		>35
S1 B44	6,00	6,45	33	49	50	Qz		>45
	12,00	12,45	19	22	35	FNa		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	18,00	18,45	22	27	43	FN		45
	23,00	23,45	28	49	50	FNa		>40
	25,00	25,22	35	50		FNa		>40
S2 83	6,00	6,45	40	37	50	FNa		>45
	10,00	10,45	38	40	50	FNs		>45
	16,00	16,45	50	R		FNa		>45
	20,00	20,22	42	R		FN		>45
	25,00	25,33	38	42	R	FN		>45
S2 84	5,00	5,45	4	5	8	Qz		37
	7,00	7,45	3	4	9	Qz		35
	10,00	10,45	4	6	10	FNa	255	34
	15,10	15,55	8	6	12	FN	280	33
	20,50	20,95	25	36	42	Qz		>35
S2 63	5,00	5,45	12	20	18	CLs		>45
	10,00	10,45	16	32	R	Sc		>45
	15,00	15,45	6	10	20	CLs		37
	20,00	20,45	3	4	8	SLc		>25
	23,00	23,45	12	8	16	S		>30
	28,00	28,45	24	33	21	Sc		>40
S1 B28	5,00	5,45	14	28	16	GS		>45
	10,00	10,45	16	30	R	Sc		>45
	15,00	15,45	8	15	30	Sc		42
	20,00	20,45	12	24	40	CL		>40
	24,50	24,95	8	12	19	LS	315	>30
	29,00	29,45	11	9	21	S		>30

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c _u [kPa]	φ [°]
S2 64	5,00	5,45	18	22	27	CL		>45
	9,00	9,45	16	25	R	CL		>45
	14,00	14,45	12	30	R	Sc		>45
	18,00	18,45	10	30	40	Sc		>40
	30,00	30,45	14	18	40	SLc		>40
S1 B27	5,00	5,45	4	8	18	Sc		43
	10,00	10,45	4	6	10	Sc		35



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	15,00	15,45	3	20	R	Sc		>45
	19,50	19,95	22	26	35	Sc		>40
	23,00	23,45	8	12	14	S		>30
	28,20	28,65	32	38	41	S		>40
S1 B42	5,00	5,45	50	R		Sc		>45
	10,50	10,95	19	24	29	Sc		>45
	14,50	14,95	19	28	24	Sc		43
	21,00	21,08	R			Qz		>40
	26,00	26,1	R			Qz		>40
S2 80	5,00	5,45	39	43	50	CL		>45
	8,00	8,45	28	15	16	Sc		43
	15,00	15,45	19	14	17	CLs		37
	20,00	20,45	10	7	6	Sc		>30
	24,50	24,95	14	10	11	Sc		>30
	29,00	29,45	11	11	9	Sc		>25
S2 68	4,00	4,45	13	19	36	CV		>45
	8,00	8,07	50	R		CL		>45
	12,00	12,45	26	39	46	Sc		>45
	16,00	16,45	16	23	34	CLs		>40
	20,00	20,45	6	19	14	S		>35
	24,00	24,45	16	22	18	CL		>35
	29,00	29,45	25	31	15	SLc		>35
S2 73	3,20	3,65	2	3	3	R		35
	5,50	5,95	3	3	4	R		33
	11,40	11,85	3	4	4	SL		28
	14,50	14,95	6	8	8	SL		38
	20,00	20,45	12	8	16	SL		>25
	25,50	25,95	14	16	17	SL		>35

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c_u [kPa]	ϕ [°]
S1 B37	3,00	3,45	2	3	2	SL		32
	5,80	6,25	3	3	3	LO	80	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	10,00	10,45	4	5	5	SL		31
	15,00	15,45	3	4	4	LO	130	
	18,20	18,65	6	7	7	LO	220	
	24,00	24,45	10	11	13	LO	360	
	28,00	28,45	8	5	14	LO	290	
S1 B36	4,40	4,85	2	2	3	LO	75	
	7,20	7,65	3	4	4	SL		31
	11,10	11,55	4	6	6	LO	170	
	14,00	14,45	11	14	15	SL		37
	19,00	19,45	6	10	9	LO	290	
	23,00	23,45	15	18	21	SL		>35
S2 74	3,30	3,75	2	3	3	SL		33
	6,40	6,95	3	3	4	SL		30
	10,60	11,05	2	3	3	SL		26
	14,50	14,95	3	4	4	SL		27
	23,40	23,85	10	10	12	SL		30
	28,00	28,45	8	5	8	LO	200	
S1 B38	2,80	3,25	3	4	3	R		36
	6,00	6,45	5	4	4	R		34
	8,60	9,05	7	4	5	R		30
	12,00	12,45	6	5	5	SL		28
	15,30	15,75	6	8	7	SL		33
	20,00	20,45	7	6	8	Sc		32
	23,00	23,45	8	12	8	Sc		>30
S1 B41	5,00	5,18	35	R		CL		>45
	10,00	10,45	33	38	42	CL		>45
	14,00	14,45	4	5	5	SLc		27
	17,90	18,35	4	6	9	SLc		33
	23,20	23,65	12	19	28	Sc		>35
	25,00	25,45	10	15	15	Sc		>30
S2 79	5,00	5,2	42	R		CL		>45
	10,00	10,08	R			CL		>45
	14,00	14,45	6	4	3	Sc		42
	17,30	17,75	5	4	5	Sc		>45
	22,00	22,45	4	5	4	Sc		>30



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

25,00	25,45	6	6	7	LS	200	
-------	-------	---	---	---	----	-----	--

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c _u [kPa]	φ [°]
S2 72	2,40	2,85	2	3	3	R		32
	4,60	5,05	7	4	2	Sc		30
	7,40	7,85	9	11	12	Sc		42
	9,50	9,95	14	34	12	Sc		>45
	16,30	16,75	11	10	12	Sc		>30
	23,40	23,85	6	5	8	LS	200	
	25,00	25,45	5	6	9	LS	270	
S2 71	3,30	3,75	8	9	11	R		44
	7,50	7,95	19	15	10	R		41
	10,00	10,45	2	1	4	LA	75	
	17,70	18,15	17	18	23	S		>35
	21,40	21,85	16	18	21	S		>35
	24,00	24,45	12	14	25	S		>35
S1 B34	2,90	3,35	15	18	18	R		>45
	4,50	4,95	27	17	16	R		>45
	11,70	12,15	22	41	50	Sc		>45
	14,40	14,85	16	22	20	Sc		42
	20,60	21,05	5	5	8	Sc		>30
	25,00	25,45	25	28	31	Sc		>35
S1 B39	2,60	3,05	2	2	2	R		25
	5,20	5,65	3	2	3	R		25
	10,00	10,45	12	15	11	R		38
	15,20	15,65	10	12	12	GS		37
	21,20	21,65	10	6	8	CLs		>30
	25,10	25,2	50	R		FNr		>45
	28,50	28,62	50	R		FNr		>45
S1 B35	3,40	3,85	3	4	4	SL		35
	5,70	6,15	4	3	3	SL		30
	8,30	8,75	4	5	4	SL		32
	11,00	11,45	5	6	5	LO	160	
	15,60	16,05	7	5	4	LO	140	



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

23,20	23,65	5	6	6	SLc		>25
25,00	25,45	7	5	8	SLc		>25

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	c _u [kPa]	φ [°]
S2 76	3,10	3,55	2	3	3	R		35
	5,60	6,05	3	3	4	ALF	100	
	8,60	9,05	5	10	12	ALF	330	
	12,30	12,75	4	2	2	ALF	70	
	16,00	16,45	12	18	22	SG		>35
	21,30	21,75	8	9	15	Sc		>30
	24,40	24,85	11	13	20	CLs		>30
S2 78	3,20	3,65	8	10	11	Sc		44
	5,60	6,05	25	30	35	Sc		>45
	8,20	8,65	23	43	49	Sc		>45
	14,20	14,65	6	7	11	Sc		33
	18,70	19,15	8	14	12	Sc		>35
	24,00	24,45	7	10	19	S		>30
S1 B40	3,10	3,55	9	11	13	R		>45
	6,60	7,05	11	13	15	Sc		>45
	9,20	9,65	14	15	11	Sc		39
	14,50	14,95	8	17	20	Sc		38
	16,00	16,45	6	9	15	Sc		37
	21,60	22,05	3	5	16	Sc		>30
	25,00	25,45	17	14	18	SLc		>30
S2 77	7,30	7,45	10	12	12	SG		42
	10,40	10,85	13	15	14	Sc		40
	15,00	15,45	10	16	19	Sc		38
	19,10	19,55	8	12	14	SG		>30
	24,00	24,45	8	14	12	S		>30
	26,00	26,06	50	R		FNr		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

S2 57	8,00	8,45	27	24	41	CLs		>45
	12,00	12,36	19	38	50	CLs		>45
	15,00	15,45	16	9	24	S		38
	17,00	17,45	4	7	11	LS		38
	21,00	21,45	3	7	10	LS		>25
	24,00	24,45	2	4	7	S		>20
	29,00	29,45	7	12	17	S		>30
S2 52	4,70	5,15	9	15	22	LA		>45
	8,00	8,45	7	9	12	SLc		38
	12,00	12,45	5	7	9	S		33
	15,00	15,45	7	10	14	S		37
	18,00	19,45	7	10	14	LS	360	
	22,60	23,05	3	5	5	S		>20
Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S1 B17	5,00	5,37	19	41	50	CL		>45
	7,90	8,35	2	5	7	SLc	170	
	11,00	11,45	5	8	13	SLc		39
	19,00	19,45	8	14	19	S		>35
	23,00	23,45	7	9	13	S		>35
	25,00	25,45	6	12	13	S		>35
S1 B33	4,50	4,95	4	6	9	Sc		38
	9,00	9,45	5	9	11	Sc		37
	12,00	12,45	8	11	21	Sc		38
	15,00	15,45	21	12	12	Sc		36
	20,00	20,45	8	4	5	LS	140	
	25,00	25,45	6	12	16	S		>30
	29,00	29,45	12	5	10	S		>20
S1 A1	6,00	6,45	32	19	12	CL		44
	9,00	9,45	6	7	9	Sc		35
	12,50	12,95	11	17	26	Sc		39
	19,50	19,95	4	7	10	Sc		32
	22,00	22,45	5	8	12	Sc		33
	24,50	24,95	6	10	12	Sc		35
S1 B22	4,00	4,45	30	R		Sc		>45
	8,00	8,45	25	R		Sc		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	15,00	15,45	31	39	47	Sc		>45
	20,00	20,45	9	15	29	CLs		>45
	25,00	25,45	19	22	28	Sc		>45
	29,50	29,95	8	12	14	S		>35
	35,00	35,45	5	9	10	LS	290	
S2 59	3,20	3,65	9	21	37	CLs		>45
	6,00	6,45	47	R		Sc		>45
	11,00	11,45	50	R		Sc		>45
	16,00	16,45	24	28	31	Sc		>45
	22,00	22,45	12	8	8	S		30
	28,00	28,45	5	12	10	S		38
	33,00	33,45	15	18	19	S		38
	38,00	38,45	21	18	24	S		>40

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S1 B23	3,50	3,95	41	50	R	Sc		>45
	6,00	6,45	R			CL		>45
	10,40	10,95	39	R		Sc		>45
	18,00	18,35	42	R		Sc		>45
	26,00	26,45	12	8	14	LS	330	
	37,00	37,45	22	25	31	S		>45
S1 A2	3,50	3,95	14	8	9	DT		40
	6,00	6,45	21	18	25	SLc		>45
	12,00	12,45	8	10	14	S		38
	19,00	19,45	5	8	12	S		32
	25,00	25,45	12	15	14	S		35
	29,00	29,45	5	12	8	S		>30
S2 75	3,00	3,45	11	15	20	GS		>45
	5,50	5,61	50	R		ALF		>45
	11,70	12,15	12	25	26	Sc		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	13,50	13,95	10	12	20	Sc		38
	18,00	18,45	13	22	24	CLs		>45
	26,00	26,45	9	16	25	S		>40
S1 B45	4,00	4,45	8	10	14	SLc		45
	7,00	7,45	7	9	11	Sc		36
	10,00	10,45	6	9	12	Sc		37
	21,50	21,95	18	20	22	Sc		>35
	30,00	30,45	15	19	21	Sc		>40
S2 86	5,50	5,95	5	8	9	Sc		38
	7,30	7,75	9	12	14	CLs		40
	12,00	12,45	8	10	11	CLs		37
	18,80	19,25	10	12	15	Sc		38
	24,00	24,45	12	16	18	Sc		>40
	35,20	35,65	18	20	22	S		>40
S1 B47	3,50	3,95	3	5	6	Sc		38
	5,00	5,45	7	9	10	Sc		42
	10,20	10,65	8	12	13	CLs		37
	15,60	15,95	15	18	20	Sc		38
	20,00	20,45	16	20	19	SLc		>40
	30,00	30,45	21	50	R	CV		>45
	33,00	33,45	R			Qz		>45

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S2 88	3,50	3,95	4	6	7	Sc		38
	6,20	6,65	7	10	12	Sc		42
	9,30	9,75	6	8	10	Sc		36
	12,70	13,15	13	15	17	Sc		42
	22,00	22,45	10	12	14	CLs		38
	26,00	26,45	12	15	16	Sc		>35
	34,00	34,45	17	18	20	S		>30
	38,00	38,45	8	12	14	LS	380	
S1 B48	3,50	3,95	4	7	8	Sc		41
	10,20	10,65	7	9	10	Sc		36



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	16,50	16,95	39	50	R	CL		>50
	21,00	21,45	18	20	21	Sc		>35
	25,00	25,45	8	12	14	S		>30
	30,00	30,32	35	47	R	FN		>45
S1 B51	3,00	3,45	2	4	5	Sc		35
	7,50	7,95	7	10	12	Sc		40
	12,00	12,45	9	11	13	Sc		38
	23,50	23,95	18	20	21	S		>35
	29,00	29,45	16	21	28	SLc		>40
S1 B50	6,20	6,65	10	12	13	Sc		42
	11,50	11,95	8	11	12	Sc		38
	23,00	23,45	18	20	21	Sc		>35
	26,00	26,45	22	24	28	Sc		>35
S2 89	3,00	3,45	5	6	8	Sc		40
	5,50	5,95	9	10	12	Sc		42
	11,00	11,45	50	R		CL		>45
	15,00	15,45	31	38	45	Sc		>45
	24,30	24,75	16	18	21	SLc		>35
	28,00	28,45	18	22	19	Sc		>35
S1 B49	5,00	5,45	12	18	15	Sc		>45
	9,50	9,95	14	16	21	Sc		42
	16,00	16,45	20	24	22	Sc		42
	22,00	22,45	24	25	27	Sc		>40
	25,50	25,95	31	28	30	Sc		>40
	29,00	29,45	38	41	48	CL		>45

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S1 B49	5,00	5,45	12	18	15	Sc		>45
	9,50	9,95	14	16	21	Sc		42
	16,00	16,45	20	24	22	Sc		42
	22,00	22,45	24	25	27	Sc		>40



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

	25,50	25,95	31	28	30	Sc		>40
	29,00	29,45	38	41	48	CL		>45
S1 B24	5,00	5,45	9	10	8	Sc		40
	10,20	10,65	11	14	15	CLs		36
	16,00	16,45	50	R		CL		>40
	22,00	22,45	18	20	21	S		>35
	26,00	26,45	10	15	18	S		>35
	29,50	29,95	8	15	17	S		>30
S2 53	7,10	7,55	18	15	20	BR		45
	10,00	10,45	21	24	9	BR		42
	13,70	14,15	15	18	14	BR		38
	17,00	17,45	19	21	22	BR		40
	19,10	19,55	13	18	19	BR		>35
	23,00	23,45	25	28	31	BR		>35
S1 A7	5,00	5,45	18	22	20	Sc		42
	11,50	11,95	15	17	19	Sc		43
	18,20	18,65	25	29	32	Sc		>40
	26,00	26,45	16	19	18	Sc		>30
	29,50	29,95	11	9	15	S		>25
	34,00	34,45	9	18	14	S		>25
S1 B18	5,00	5,45	26	31	45	CLs		>45
	11,00	11,45	12	9	10	SLc		36
	14,00	14,45	5	6	9	S		33
	17,00	17,45	12	14	9	S		34
S2 54	5,00	5,45	18	24	26	SLc		>45
	12,50	12,95	48	R		CL		>45
	18,50	18,95	15	9	12	Sc		>30
	23,00	23,45	21	24	31	CLs		>35
	28,00	28,45	18	17	24	CLs		>35
S1 A3	3,50	3,95	32	5	11	Sc		41
	6,00	6,45	6	6	6	S		37
	9,00	9,45	2	3	4	S		28
	12,40	12,85	3	6	6	LS	170	
	15,00	15,45	4	6	7	S		32
	18,50	18,95	2	5	6	S		29



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S1 A4	4,00	4,25	28	R		CL		>30
	6,50	6,95	10	15	23	SLc		>45
	9,60	10,05	16	18	14	Sc		42
	12,50	12,95	19	23	24	S		43
	15,00	15,45	22	28	35	LS		>40
	18,30	18,75	24	31	28	LS		>40
S1 A5	3,00	3,45	34	38	13	CLs		>45
	5,40	5,85	30	43	50	CLs		>45
	8,00	8,45	39	43	50	CLs		>45
	11,00	11,45	33	34	46	SL		>45
	14,00	14,06	R			CV		>45
	17,00	17,45	8	11	11	S		>45
S1 A6	3,10	3,5	5	35	50	CL		>45
	6,00	6,45	8	17	20	Sc		>45
	9,00	9,26	32	R		Sc		>45
	12,00	12,45	41	36	47	CL		>45
	15,00	15,45	16	31	18	CLs		42
	17,80	18,25	13	17	10	Sc		37
S1 A8	3,00	3,1	R			CL		>45
	6,00	6,21	48	R		CL		>45
	9,00	9,45	13	21	37	CV		>45
	12,00	12,45	11	13	12	Sc		37
	15,00	15,45	7	9	37	SLc		43
	18,00	18,45	12	42	R	G		>45
S1 A9	3,00	3,45	31	R		CLs		χ
	6,00	6,2	41	R		CV		>45
	9,00	9,45	18	37	43	CL		>45
	12,00	12,45	21	22	33	SLc		>45
	15,00	15,45	7	9	37	SLc		43
	17,00	17,42	12	42	R	G		>45
S1 A10	3,00	3,36	21	19	R	CL		>45
	6,00	6,45	4	6	12	SLc		39
	9,00	9,26	14	R		SLc		>45
S1 A11	4,10	4,55	3	15	36	Sc		>45



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

6,50	6,95	18	29	43	Fna		>45
12,40	12,85	12	21	39	Qz		45
18,90	19,35	20	34	43	FNs		>45
20,20	20,65	16	25	41	FN		>45

Sondaggio	da m	a m	cm/colpi	cm/colpi	cm/colpi	Terreno	cu [kPa]	ϕ [°]
S1 A12	3,30	3,75	8	15	23	R		>45
	5,50	5,95	R			CV		>45
	9,20	9,65	6	4	3	SLc	100	
	12,00	12,45	5	3	2	LA	75	
	16,00	16,45	22	36	40	Sc		>45
	18,00	18,45	36	R		SLc		>45
	20,00	20,45	19	32	38	SLc		>45
S1 A13	3,00	3,45	12	10	16	sC		>45
	6,40	6,85	23	16	21	CV		>45
	9,30	9,75	7	14	19	Sc		43
S1 A14	5,00	5,45	11	8	9	CLs		38
	9,00	9,45	15	11	7	Sc		37
	13,00	13,45	18	13	16	CLs		38
	17,00	17,45	10	6	8	Sc		33
	20,00	20,45	14	17	22	Sc		38
S1 A15	3,00	3,45	26	15	17	CLs		>45
	6,00	6,45	18	13	20	CLs		>45
	9,00	9,45	8	10	6	Sc		36
	16,00	16,45	6	13	21	CLs		38
	19,50	19,95	8	15	24	CLs		40



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

RISULTATI DELLE PROVE LUGEON



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 67	07/06/06	101	6,00	4,00	CL - Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	180	3,55
Step 2	10	5	0,5	350	6,95
Step 3	10	7,5	0,75	540	7,17
Step 4	10	10	1	715	7,13
Step 5	5	5	0,5	160	6,36
Step 6	5	2,5	0,25	95	7,50
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 67	07/06/06	101	11,00	10,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	200	7,78
Step 2	10	5	0,5	375	7,40
Step 3	10	7,5	0,75	600	7,93
Step 4	10	10	1	825	8,19
Step 5	5	5	0,5	180	7,10
Step 6	5	2,5	0,25	115	8,95
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 67	07/06/06	101	23,00	20,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	75	0,95
Step 2	10	5	0,5	160	1,04
Step 3	10	7,5	0,75	240	1,05
Step 4	10	10	1	400	1,31
Step 5	5	5	0,5	90	1,17
Step 6	5	2,5	0,25	39	0,98
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 67	07/06/06	101	27,00	25,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	60	1,50
Step 2	10	5	0,5	140	1,80
Step 3	10	7,5	0,75	220	1,91
Step 4	10	10	1	320	2,10
Step 5	5	5	0,5	80	2,06
Step 6	5	2,5	0,25	28	1,40



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 A1	06/07/06	101	14,00	12,50	SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	55	1,42
Step 2	10	5	0,5	115	1,51
Step 3	10	7,5	0,75	175	1,54
Step 4	10	10	1	242	1,60
Step 5	5	5	0,5	63	1,65
Step 6	5	2,5	0,25	32	1,65
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 A1	06/07/06	101	19,00	17,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	65	1,24
Step 2	10	5	0,5	135	1,32
Step 3	10	7,5	0,75	200	1,31
Step 4	10	10	1	270	1,33
Step 5	5	5	0,5	70	1,37
Step 6	5	2,5	0,25	38	1,45
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 A1	06/07/06	101	24,00	22,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	50	1,26
Step 2	10	5	0,5	110	1,42
Step 3	10	7,5	0,75	175	1,52
Step 4	10	10	1	230	1,51
Step 5	5	5	0,5	64	1,66
Step 6	5	2,5	0,25	32	1,61
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B22	07/07/06	101	11,00	9,00	Sc - CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	240	4,68
Step 2	10	5	0,5	493	4,87
Step 3	10	7,5	0,75	751	4,96
Step 4	10	10	1	910	4,52
Step 5	5	5	0,5	248	4,89
Step 6	5	2,5	0,25	132	5,14



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B22	07/07/06	101	20,00	18,00	CLs - CV
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	190	3,62
Step 2	10	5	0,5	400	3,90
Step 3	10	7,5	0,75	580	3,80
Step 4	10	10	1	825	4,07
Step 5	5	5	0,5	220	4,29
Step 6	5	2,5	0,25	95	3,62
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B22	07/07/06	101	32,00	30,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	45	1,11
Step 2	10	5	0,5	95	1,22
Step 3	10	7,5	0,75	150	1,30
Step 4	10	10	1	210	1,37
Step 5	5	5	0,5	50	1,28
Step 6	5	2,5	0,25	30	1,48
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B24	26/07/06	101	10,00	8,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	125	3,25
Step 2	10	5	0,5	850	11,20
Step 3	10	7,5	0,75	1500	13,22
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B24	26/07/06	101	14,00	12,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	42	0,80
Step 2	10	5	0,5	80	0,78
Step 3	10	7,5	0,75	125	0,82
Step 4	10	10	1	160	0,79
Step 5	5	5	0,5	48	0,94
Step 6	5	2,5	0,25	23	0,88



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B24	26/07/06	101	26,00	25,00	LS - S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	50	1,87
Step 2	10	5	0,5	95	1,84
Step 3	10	7,5	0,75	165	2,15
Step 4	10	10	1	220	2,16
Step 5	5	5	0,5	52	2,01
Step 6	5	2,5	0,25	30	2,25
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B25	09705/06	101	11,50	10,00	ALF
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	65	1,69
Step 2	10	5	0,5	132	1,74
Step 3	10	7,5	0,75	205	1,80
Step 4	10	10	1	250	1,65
Step 5	5	5	0,5	60	1,58
Step 6	5	2,5	0,25	38	1,97
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B25	09705/06	101	23,00	21,00	ALF - GS
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	152	2,87
Step 2	10	5	0,5	656	6,37
Step 3	10	7,5	0,75	1650	10,79
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B25	09705/06	101	11,50	10,00	ALF
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	35	0,91
Step 2	10	5	0,5	60	0,79
Step 3	10	7,5	0,75	130	1,14
Step 4	10	10	1	185	1,22
Step 5	5	5	0,5	38	1,00
Step 6	5	2,5	0,25	23	1,19



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B27	11/05/06	101	12,00	8,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	245	2,39
Step 2	10	5	0,5	510	2,52
Step 3	10	7,5	0,75	750	2,48
Step 4	10	10	1	1010	2,51
Step 5	5	5	0,5	245	2,42
Step 6	5	2,5	0,25	130	2,53
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B27	11/05/06	101	18,00	15,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	260	3,98
Step 2	10	5	0,5	506	3,96
Step 3	10	7,5	0,75	801	4,21
Step 4	10	10	1	1055	4,17
Step 5	5	5	0,5	262	4,10
Step 6	5	2,5	0,25	140	4,29
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B27	11/05/06	101	24,00	23,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	73	2,75
Step 2	10	5	0,5	145	2,81
Step 3	10	7,5	0,75	210	2,74
Step 4	10	10	1	285	2,81
Step 5	5	5	0,5	70	2,71
Step 6	5	2,5	0,25	40	3,01
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B29	23/06/06	101	16,50	14,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	310	4,77
Step 2	10	5	0,5	800	6,27
Step 3	10	7,5	0,75	1500	7,89
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B29	23/06/06	101	21,00	19,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	80	2,02
Step 2	10	5	0,5	168	2,18
Step 3	10	7,5	0,75	245	2,14
Step 4	10	10	1	350	2,30
Step 5	5	5	0,5	78	2,03
Step 6	5	2,5	0,25	35	1,77
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B29	23/06/06	101	26,00	24,50	CLs - SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	185	4,62
Step 2	10	5	0,5	390	5,03
Step 3	10	7,5	0,75	580	5,04
Step 4	10	10	1	770	5,05
Step 5	5	5	0,5	205	5,29
Step 6	5	2,5	0,25	85	4,25
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B29	23/06/06	101	29,00	28,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	205	7,62
Step 2	10	5	0,5	425	8,19
Step 3	10	7,5	0,75	610	7,93
Step 4	10	10	1	998	9,79
Step 5	5	5	0,5	210	8,09
Step 6	5	2,5	0,25	95	7,06
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B30	28/06/06	101	10,00	8,00	CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	4,10
Step 2	10	5	0,5	435	4,30
Step 3	10	7,5	0,75	620	4,10
Step 4	10	10	1	850	4,22
Step 5	5	5	0,5	215	4,25
Step 6	5	2,5	0,25	98	3,83



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B30	28/06/06	101	17,00	14,50	CL
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	190	2,92
Step 2	10	5	0,5	405	3,17
Step 3	10	7,5	0,75	600	3,16
Step 4	10	10	1	780	3,09
Step 5	5	5	0,5	212	3,32
Step 6	5	2,5	0,25	100	3,07
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B30	28/06/06	101	22,00	21,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	75	2,84
Step 2	10	5	0,5	142	2,76
Step 3	10	7,5	0,75	215	2,81
Step 4	10	10	1	290	2,86
Step 5	5	5	0,5	75	2,92
Step 6	5	2,5	0,25	40	3,03
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B31	01/06/06	101	4,00	3,00	CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	220	8,72
Step 2	10	5	0,5	450	8,96
Step 3	10	7,5	0,75	680	9,04
Step 4	10	10	1	950	9,48
Step 5	5	5	0,5	220	8,76
Step 6	5	2,5	0,25	105	8,32
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B31	01/06/06	101	10,00	7,50	Sc - CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	225	3,52
Step 2	10	5	0,5	550	4,35
Step 3	10	7,5	0,75	760	4,02
Step 4	10	10	1	950	3,78
Step 5	5	5	0,5	230	3,64
Step 6	5	2,5	0,25	98	3,06



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B31	01/06/06	101	20,50	18,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	82	1,56
Step 2	10	5	0,5	165	1,61
Step 3	10	7,5	0,75	250	1,64
Step 4	10	10	1	345	1,70
Step 5	5	5	0,5	75	1,46
Step 6	5	2,5	0,25	38	1,44
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B31	01/06/06	101	27,00	25,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	75	1,87
Step 2	10	5	0,5	160	2,06
Step 3	10	7,5	0,75	235	2,04
Step 4	10	10	1	310	2,03
Step 5	5	5	0,5	85	2,19
Step 6	5	2,5	0,25	40	1,99
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B34	22/06/06	101	10,00	8,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	140	3,64
Step 2	10	5	0,5	275	3,62
Step 3	10	7,5	0,75	420	3,70
Step 4	10	10	1	550	3,64
Step 5	5	5	0,5	130	3,42
Step 6	5	2,5	0,25	65	3,38
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B34	22/06/06	101	17,00	15,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	125	2,40
Step 2	10	5	0,5	258	2,53
Step 3	10	7,5	0,75	380	2,50
Step 4	10	10	1	510	2,52
Step 5	5	5	0,5	140	2,74
Step 6	5	2,5	0,25	72	2,76



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B34	22/06/06	101	25,00	24,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	138	5,18
Step 2	10	5	0,5	270	5,23
Step 3	10	7,5	0,75	410	5,35
Step 4	10	10	1	540	5,31
Step 5	5	5	0,5	125	4,84
Step 6	5	2,5	0,25	75	5,63
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B42	26/05/06	101	9,00	8,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	290	11,34
Step 2	10	5	0,5	750	14,83
Step 3	10	7,5	0,75	1750	23,16
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B42	26/05/06	101	12,00	9,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	220	3,42
Step 2	10	5	0,5	445	3,51
Step 3	10	7,5	0,75	690	3,65
Step 4	10	10	1	920	3,65
Step 5	5	5	0,5	220	3,47
Step 6	5	2,5	0,25	115	3,58
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B42	26/05/06	101	20,50	18,00	Qz
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	25	0,05
Step 2	10	5	0,5	46	0,04
Step 3	10	7,5	0,75	80	0,05
Step 4	10	10	1	102	0,05
Step 5	5	5	0,5	28	0,05
Step 6	5	2,5	0,25	15	0,06



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B42	26/05/06	101	24,00	22,50	Qz
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	30	0,75
Step 2	10	5	0,5	62	0,80
Step 3	10	7,5	0,75	92	0,80
Step 4	10	10	1	115	0,75
Step 5	5	5	0,5	25	0,65
Step 6	5	2,5	0,25	18	0,90
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B43	18/05/06	101	8,00	5,00	CL
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	205	2,69
Step 2	10	5	0,5	416	2,75
Step 3	10	7,5	0,75	620	2,74
Step 4	10	10	1	830	2,75
Step 5	5	5	0,5	200	2,64
Step 6	5	2,5	0,25	110	2,88
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B43	18/05/06	101	15,00	13,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	218	5,60
Step 2	10	5	0,5	430	5,63
Step 3	10	7,5	0,75	645	5,66
Step 4	10	10	1	850	5,61
Step 5	5	5	0,5	210	5,50
Step 6	5	2,5	0,25	108	5,55
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B43	18/05/06	101	23,00	22,00	SLc - G
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	80	3,02
Step 2	10	5	0,5	155	3,01
Step 3	10	7,5	0,75	234	3,06
Step 4	10	10	1	305	3,00
Step 5	5	5	0,5	80	3,11
Step 6	5	2,5	0,25	52	3,92



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B46	30/06/06	101	8,00	6,00	SLc - Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	195	3,83
Step 2	10	5	0,5	390	3,86
Step 3	10	7,5	0,75	584	3,87
Step 4	10	10	1	778	3,87
Step 5	5	5	0,5	200	3,96
Step 6	5	2,5	0,25	105	4,12
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B46	30/06/06	101	16,00	14,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	205	5,25
Step 2	10	5	0,5	415	5,42
Step 3	10	7,5	0,75	635	5,57
Step 4	10	10	1	830	5,48
Step 5	5	5	0,5	205	5,36
Step 6	5	2,5	0,25	95	4,87
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B46	30/06/06	101	23,00	20,50	Sc - SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	85	1,29
Step 2	10	5	0,5	174	1,35
Step 3	10	7,5	0,75	260	1,36
Step 4	10	10	1	345	1,36
Step 5	5	5	0,5	80	1,24
Step 6	5	2,5	0,25	43	1,30
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B46	30/06/06	101	28,00	26,50	SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	70	1,74
Step 2	10	5	0,5	155	1,99
Step 3	10	7,5	0,75	220	1,91
Step 4	10	10	1	402	2,63
Step 5	5	5	0,5	195	5,02
Step 6	5	2,5	0,25	40	1,99



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B48	17/07/06	101	7,50	5,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	215	4,23
Step 2	10	5	0,5	425	4,21
Step 3	10	7,5	0,75	630	4,18
Step 4	10	10	1	855	4,26
Step 5	5	5	0,5	210	4,16
Step 6	5	2,5	0,25	110	4,33
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B48	17/07/06	101	15,00	12,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	220	2,83
Step 2	10	5	0,5	455	2,98
Step 3	10	7,5	0,75	660	2,90
Step 4	10	10	1	900	2,97
Step 5	5	5	0,5	235	3,08
Step 6	5	2,5	0,25	115	2,96
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B48	17/07/06	101	20,00	18,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	5,83
Step 2	10	5	0,5	465	6,04
Step 3	10	7,5	0,75	690	6,03
Step 4	10	10	1	925	6,09
Step 5	5	5	0,5	230	5,98
Step 6	5	2,5	0,25	105	5,33
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B48	17/07/06	101	25,00	22,50	SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	75	1,13
Step 2	10	5	0,5	160	1,24
Step 3	10	7,5	0,75	238	1,24
Step 4	10	10	1	310	1,22
Step 5	5	5	0,5	85	1,32
Step 6	5	2,5	0,25	40	1,20



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B50	19/07/06	101	7,00	6,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	195	7,67
Step 2	10	5	0,5	380	7,53
Step 3	10	7,5	0,75	575	7,62
Step 4	10	10	1	760	7,57
Step 5	5	5	0,5	175	6,94
Step 6	5	2,5	0,25	80	6,29
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B50	19/07/06	101	14,00	12,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	180	3,48
Step 2	10	5	0,5	375	3,69
Step 3	10	7,5	0,75	555	3,66
Step 4	10	10	1	740	3,67
Step 5	5	5	0,5	190	3,74
Step 6	5	2,5	0,25	95	3,67
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B50	19/07/06	101	24,00	23,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	80	3,01
Step 2	10	5	0,5	155	3,01
Step 3	10	7,5	0,75	240	3,13
Step 4	10	10	1	390	3,84
Step 5	5	5	0,5	75	2,91
Step 6	5	2,5	0,25	35	2,63
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B51	18/07/06	101	8,00	6,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	6,02
Step 2	10	5	0,5	450	5,94
Step 3	10	7,5	0,75	675	5,96
Step 4	10	10	1	895	5,94
Step 5	5	5	0,5	220	5,81
Step 6	5	2,5	0,25	118	6,17



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B51	18/07/06	101	16,00	15,00	CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	205	7,87
Step 2	10	5	0,5	415	8,13
Step 3	10	7,5	0,75	635	8,35
Step 4	10	10	1	840	8,31
Step 5	5	5	0,5	220	8,62
Step 6	5	2,5	0,25	95	7,30
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B51	18/07/06	101	23,00	22,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	7,92
Step 2	10	5	0,5	430	8,35
Step 3	10	7,5	0,75	625	8,17
Step 4	10	10	1	840	8,28
Step 5	5	5	0,5	210	8,16
Step 6	5	2,5	0,25	108	8,15
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S1 B51	18/07/06	101	30,00	28,00	SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	10	0,19
Step 2	10	5	0,5	18	0,17
Step 3	10	7,5	0,75	24	0,16
Step 4	10	10	1	32	0,16
Step 5	5	5	0,5	12	0,23
Step 6	5	2,5	0,25	7	0,26
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 53	28/07/06	101	10,00	9,00	BR
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	8,97
Step 2	10	5	0,5	455	8,97
Step 3	10	7,5	0,75	680	8,98
Step 4	10	10	1	920	9,14
Step 5	5	5	0,5	210	8,28
Step 6	5	2,5	0,25	110	8,56



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 53	28/07/06	101	16,00	14,50	BR
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	240	6,15
Step 2	10	5	0,5	475	6,21
Step 3	10	7,5	0,75	695	6,10
Step 4	10	10	1	935	6,17
Step 5	5	5	0,5	230	6,01
Step 6	5	2,5	0,25	115	5,89
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 53	28/07/06	101	23,00	22,00	BR
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	275	10,38
Step 2	10	5	0,5	780	15,15
Step 3	10	7,5	0,75	1705	22,29
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 55	07/06/06	101	8,00	5,50	LA
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	90	1,41
Step 2	10	5	0,5	195	1,55
Step 3	10	7,5	0,75	280	1,48
Step 4	10	10	1	365	1,45
Step 5	5	5	0,5	98	1,55
Step 6	5	2,5	0,25	52	1,63
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 55	07/06/06	101	13,00	12,00	LS - S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	85	3,29
Step 2	10	5	0,5	172	3,38
Step 3	10	7,5	0,75	255	3,36
Step 4	10	10	1	340	3,37
Step 5	5	5	0,5	85	3,34
Step 6	5	2,5	0,25	50	3,87



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 55	07/06/06	101	19,00	18,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	70	2,67
Step 2	10	5	0,5	150	2,93
Step 3	10	7,5	0,75	225	2,95
Step 4	10	10	1	305	3,01
Step 5	5	5	0,5	80	3,12
Step 6	5	2,5	0,25	45	3,43
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 55	07/06/06	101	24,00	22,00	S - LS
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	75	1,41
Step 2	10	5	0,5	162	1,57
Step 3	10	7,5	0,75	235	1,54
Step 4	10	10	1	315	1,55
Step 5	5	5	0,5	84	1,63
Step 6	5	2,5	0,25	40	1,51
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 59	12/07/06	101	14,00	13,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	8,14
Step 2	10	5	0,5	425	8,37
Step 3	10	7,5	0,75	640	8,44
Step 4	10	10	1	850	8,43
Step 5	5	5	0,5	215	8,46
Step 6	5	2,5	0,25	102	7,91
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 59	12/07/06	101	21,00	19,00	S - LS
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	85	1,61
Step 2	10	5	0,5	176	1,71
Step 3	10	7,5	0,75	260	1,70
Step 4	10	10	1	345	1,70
Step 5	5	5	0,5	90	1,75
Step 6	5	2,5	0,25	52	1,97



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 59	12/07/06	101	32,00	31,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	65	2,40
Step 2	10	5	0,5	140	2,69
Step 3	10	7,5	0,75	215	2,79
Step 4	10	10	1	280	2,74
Step 5	5	5	0,5	85	3,26
Step 6	5	2,5	0,25	40	2,95
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 60	15/05/06	101	12,00	9,50	Sc - LA
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	3,58
Step 2	10	5	0,5	450	3,55
Step 3	10	7,5	0,75	700	3,70
Step 4	10	10	1	910	3,61
Step 5	5	5	0,5	230	3,63
Step 6	5	2,5	0,25	110	3,42
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 60	15/05/06	101	21,00	20,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	225	8,53
Step 2	10	5	0,5	445	8,66
Step 3	10	7,5	0,75	750	9,82
Step 4	10	10	1	940	9,27
Step 5	5	5	0,5	235	9,15
Step 6	5	2,5	0,25	105	7,96
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 60	15/05/06	101	34,00	32,50	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	80	1,96
Step 2	10	5	0,5	155	1,98
Step 3	10	7,5	0,75	220	1,90
Step 4	10	10	1	305	1,99
Step 5	5	5	0,5	84	2,14
Step 6	5	2,5	0,25	45	2,20



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.

Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 61	09/06/06	101	16,00	14,00	ALF
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	90	1,73
Step 2	10	5	0,5	185	1,81
Step 3	10	7,5	0,75	275	1,81
Step 4	10	10	1	380	1,88
Step 5	5	5	0,5	94	1,84
Step 6	5	2,5	0,25	55	2,12
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 61	09/06/06	101	21,00	20,00	ALF
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	80	3,03
Step 2	10	5	0,5	170	3,31
Step 3	10	7,5	0,75	265	3,47
Step 4	10	10	1	355	3,50
Step 5	5	5	0,5	75	2,92
Step 6	5	2,5	0,25	35	2,65
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 61	09/06/06	101	32,00	30,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	190	4,68
Step 2	10	5	0,5	395	5,06
Step 3	10	7,5	0,75	590	5,10
Step 4	10	10	1	780	5,09
Step 5	5	5	0,5	185	4,74
Step 6	5	2,5	0,25	85	4,18
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 73	11/05/06	101	10,00	7,50	SL - LO
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	16	0,25
Step 2	10	5	0,5	30	0,24
Step 3	10	7,5	0,75	44	0,23
Step 4	10	10	1	60	0,24
Step 5	5	5	0,5	18	0,28
Step 6	5	2,5	0,25	9	0,28



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 73	11/05/06	101	17,00	16,00	LO
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	20	0,77
Step 2	10	5	0,5	35	0,68
Step 3	10	7,5	0,75	55	0,72
Step 4	10	10	1	70	0,69
Step 5	5	5	0,5	12	0,47
Step 6	5	2,5	0,25	8	0,61
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 73	11/05/06	101	25,00	23,00	LO
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	14	0,26
Step 2	10	5	0,5	28	0,27
Step 3	10	7,5	0,75	45	0,29
Step 4	10	10	1	55	0,27
Step 5	5	5	0,5	15	0,29
Step 6	5	2,5	0,25	8	0,30
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 73	11/05/06	101	30,00	28,00	S
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	65	1,21
Step 2	10	5	0,5	130	1,25
Step 3	10	7,5	0,75	200	1,30
Step 4	10	10	1	255	1,25
Step 5	5	5	0,5	74	1,42
Step 6	5	2,5	0,25	30	1,11
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 80	23/05/06	101	10,00	8,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	4,10
Step 2	10	5	0,5	400	3,95
Step 3	10	7,5	0,75	635	4,20
Step 4	10	10	1	850	4,22
Step 5	5	5	0,5	210	4,15
Step 6	5	2,5	0,25	95	3,71



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 80	23/05/06	101	14,00	13,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	8,88
Step 2	10	5	0,5	450	8,84
Step 3	10	7,5	0,75	685	9,03
Step 4	10	10	1	710	7,04
Step 5	5	5	0,5	230	9,04
Step 6	5	2,5	0,25	110	8,49
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 80	23/05/06	101	26,00	24,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	240	6,00
Step 2	10	5	0,5	460	5,93
Step 3	10	7,5	0,75	685	5,96
Step 4	10	10	1	930	6,10
Step 5	5	5	0,5	220	5,68
Step 6	5	2,5	0,25	105	5,25
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 82	05/06/06	101	9,00	6,50	G
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	225	3,53
Step 2	10	5	0,5	435	3,44
Step 3	10	7,5	0,75	670	3,55
Step 4	10	10	1	885	3,52
Step 5	5	5	0,5	220	3,48
Step 6	5	2,5	0,25	110	3,45
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 82	05/06/06	101	15,00	14,00	FN
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	9	0,35
Step 2	10	5	0,5	15	0,29
Step 3	10	7,5	0,75	25	0,33
Step 4	10	10	1	40	0,40
Step 5	5	5	0,5	8	0,31
Step 6	5	2,5	0,25	5	0,39



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 82	05/06/06	101	24,00	23,00	FN
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	8	0,30
Step 2	10	5	0,5	14	0,27
Step 3	10	7,5	0,75	23	0,30
Step 4	10	10	1	35	0,34
Step 5	5	5	0,5	7,5	0,29
Step 6	5	2,5	0,25	3	0,23
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 85	23/06/06	101	7,00	5,50	CLs - Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	5,51
Step 2	10	5	0,5	435	5,75
Step 3	10	7,5	0,75	680	6,01
Step 4	10	10	1	890	5,91
Step 5	5	5	0,5	220	5,82
Step 6	5	2,5	0,25	105	5,51
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 85	23/06/06	101	18,00	15,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	195	2,49
Step 2	10	5	0,5	385	2,51
Step 3	10	7,5	0,75	580	2,54
Step 4	10	10	1	780	2,57
Step 5	5	5	0,5	190	2,48
Step 6	5	2,5	0,25	97	2,48
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 87	27/06/06	101	12,00	11,00	CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	220	8,54
Step 2	10	5	0,5	435	8,57
Step 3	10	7,5	0,75	720	9,50
Step 4	10	10	1	905	8,98
Step 5	5	5	0,5	220	8,67
Step 6	5	2,5	0,25	105	8,15



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 87	27/06/06	101	20,00	18,50	SLc - LA
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	215	5,45
Step 2	10	5	0,5	425	5,52
Step 3	10	7,5	0,75	690	6,03
Step 4	10	10	1	895	5,89
Step 5	5	5	0,5	215	5,59
Step 6	5	2,5	0,25	102	5,17
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 87	27/06/06	101	28,00	26,00	SLc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	230	4,29
Step 2	10	5	0,5	450	4,34
Step 3	10	7,5	0,75	690	4,49
Step 4	10	10	1	910	4,47
Step 5	5	5	0,5	230	4,44
Step 6	5	2,5	0,25	112	4,18
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 88	12/07/06	101	8,00	7,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	180	7,06
Step 2	10	5	0,5	370	7,33
Step 3	10	7,5	0,75	550	7,28
Step 4	10	10	1	725	7,21
Step 5	5	5	0,5	190	7,52
Step 6	5	2,5	0,25	85	6,67
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 88	12/07/06	101	19,00	18,00	CLs
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	210	8,01
Step 2	10	5	0,5	430	8,39
Step 3	10	7,5	0,75	635	8,33
Step 4	10	10	1	820	8,10
Step 5	5	5	0,5	210	8,20
Step 6	5	2,5	0,25	102	7,78



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica

Appendice D - Risultati delle prove in sito

Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 88	12/07/06	101	34,00	32,00	CG
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	85	1,56
Step 2	10	5	0,5	170	1,63
Step 3	10	7,5	0,75	245	1,59
Step 4	10	10	1	330	1,61
Step 5	5	5	0,5	90	1,72
Step 6	5	2,5	0,25	44	1,62
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 89	21/07/06	101	7,00	6,00	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	190	7,47
Step 2	10	5	0,5	405	8,03
Step 3	10	7,5	0,75	595	7,89
Step 4	10	10	1	805	8,02
Step 5	5	5	0,5	180	7,14
Step 6	5	2,5	0,25	95	7,47
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 89	21/07/06	101	12,00	10,50	CL
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	275	7,12
Step 2	10	5	0,5	980	12,87
Step 3	10	7,5	0,75	1640	14,43
Step 4	10	10	1		
Step 5	5	5	0,5		
Step 6	5	2,5	0,25		
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 89	21/07/06	101	23,00	21,50	CLs - Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	220	5,54
Step 2	10	5	0,5	445	5,76
Step 3	10	7,5	0,75	640	5,58
Step 4	10	10	1	890	5,85
Step 5	5	5	0,5	225	5,83
Step 6	5	2,5	0,25	105	5,29



Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

Relazione geotecnica
Appendice D - Risultati delle prove in sito

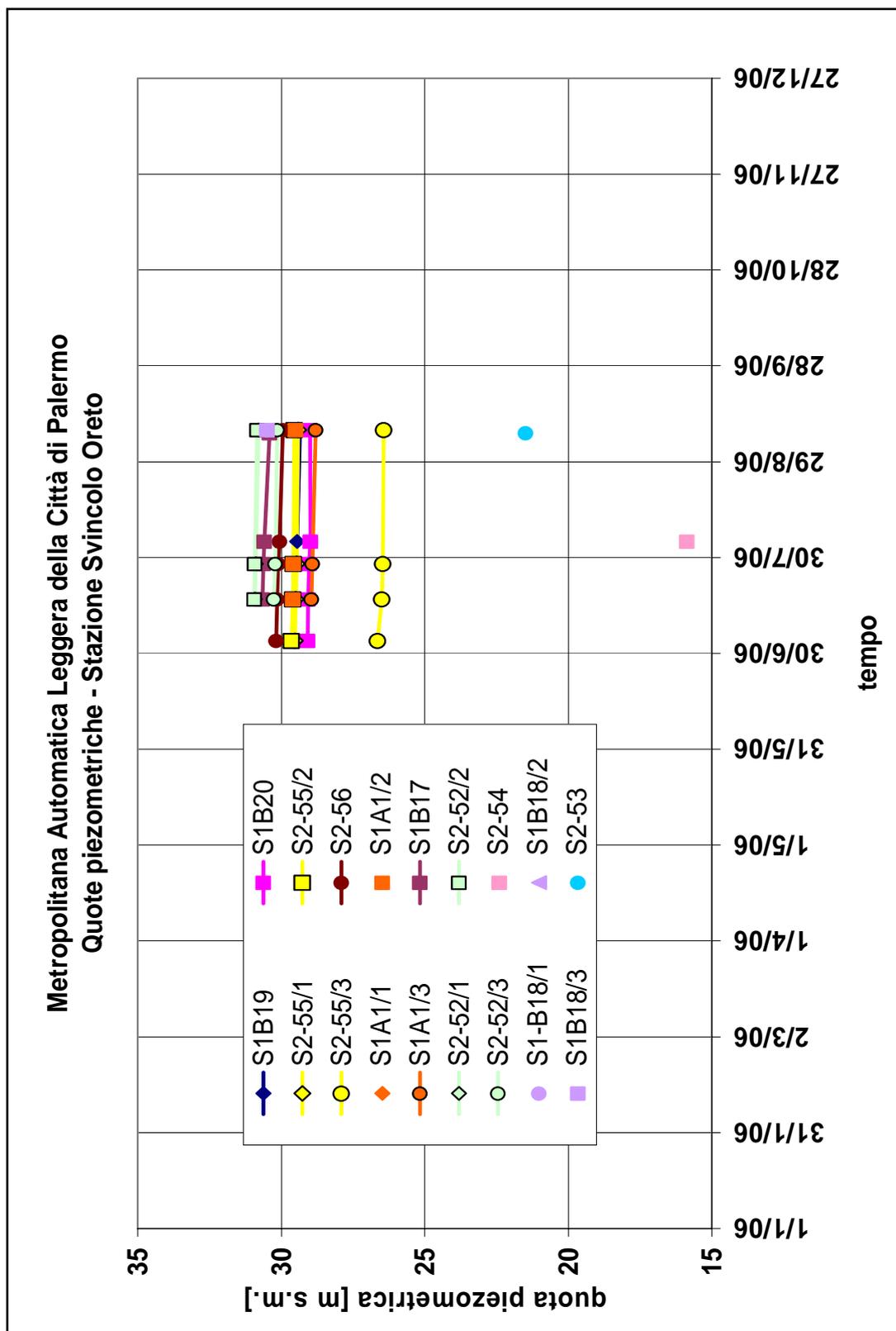
Sondaggio	Data	Diam Foro	Quota Fondo foro	Quota packer	Terreno
S2 89	21/07/06	101	28,00	25,50	Sc
Gradini	Minuti	Bar	MPa	litri	UL
Step 1	10	2,5	0,25	215	3,21
Step 2	10	5	0,5	440	3,40
Step 3	10	7,5	0,75	660	3,44
Step 4	10	10	1	880	3,46
Step 5	5	5	0,5	210	3,24
Step 6	5	2,5	0,25	102	3,05

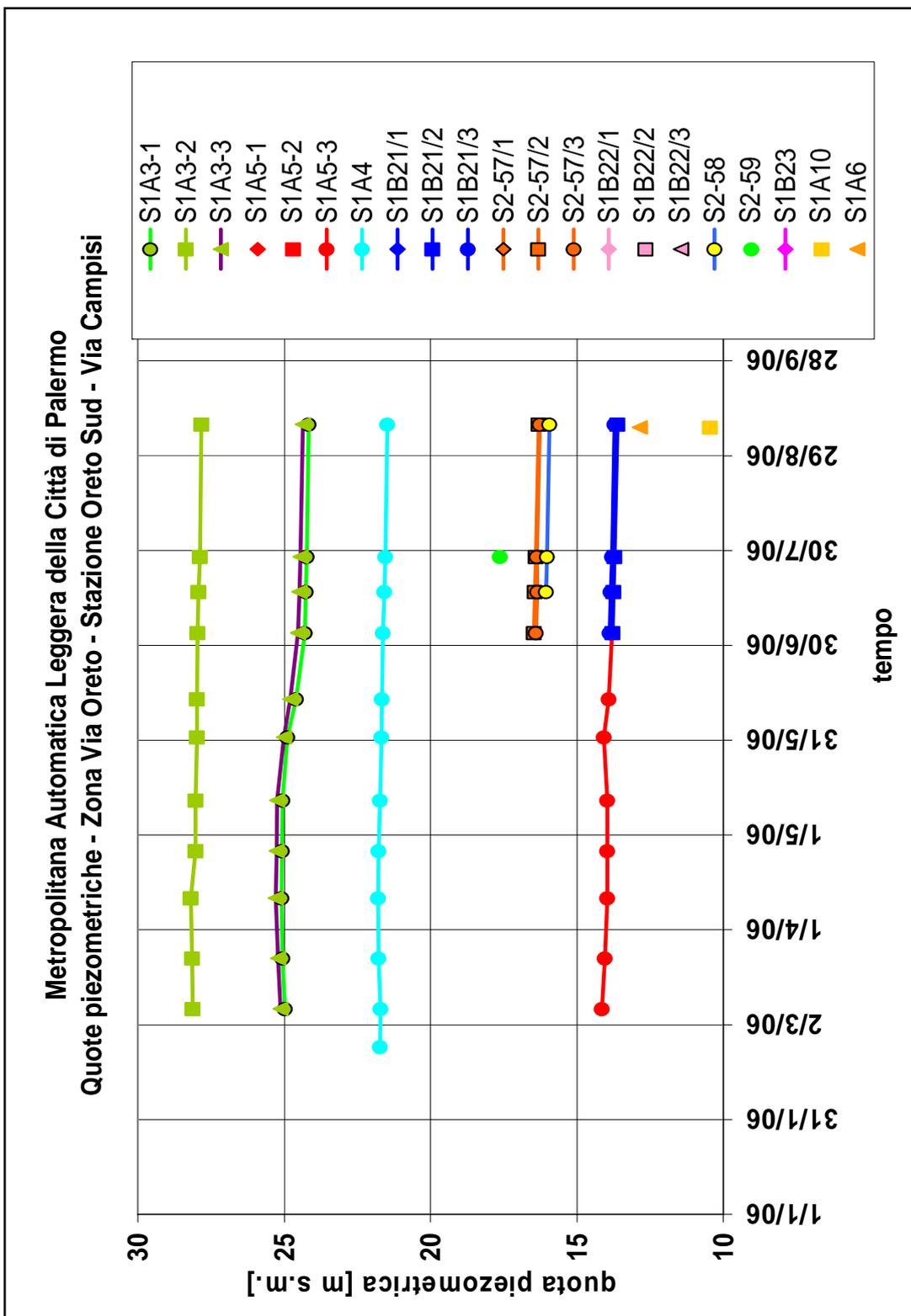


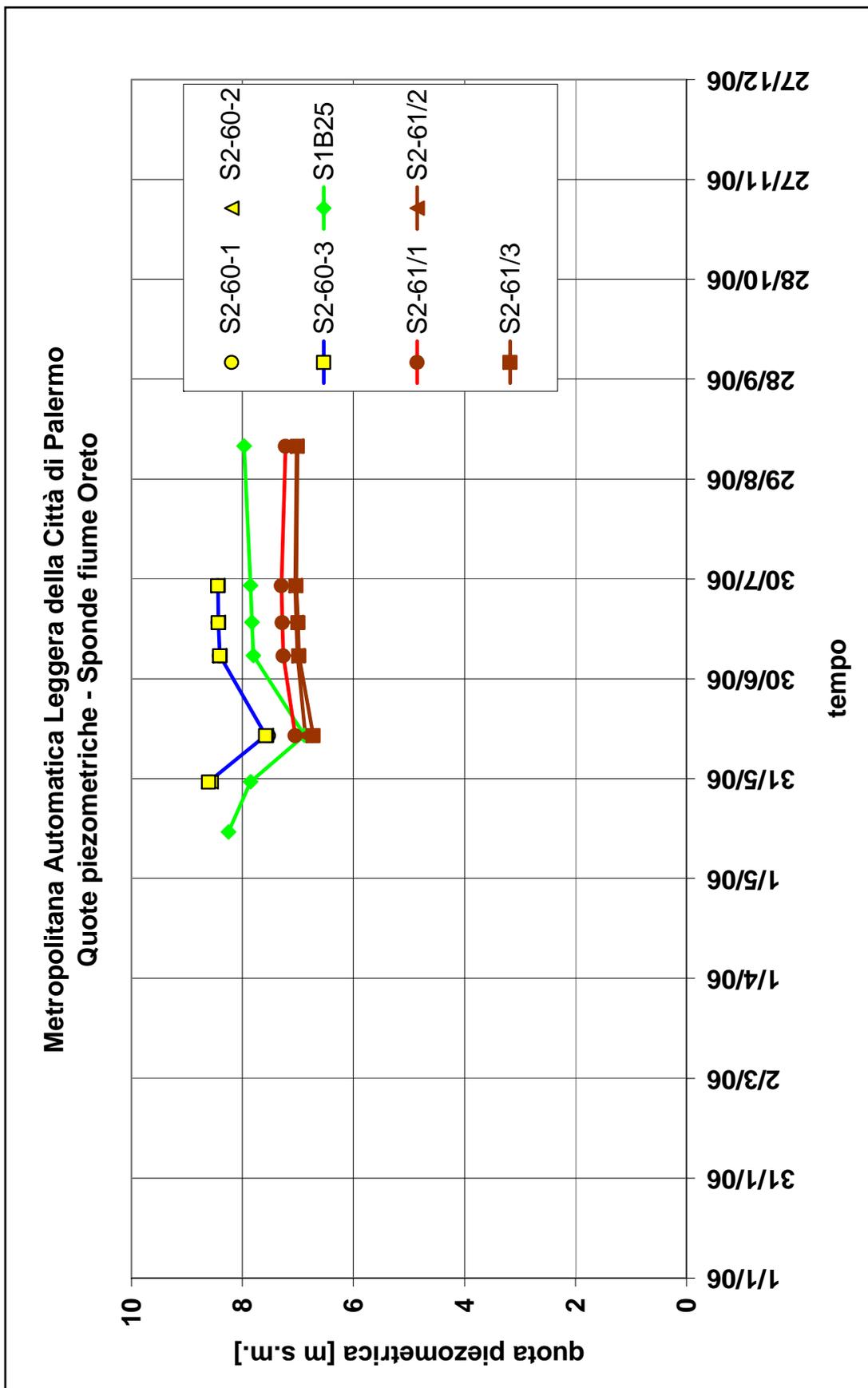
Metropolitana automatica Leggera della città di Palermo.
Prima linea Tratta funzionale Oreto-Notarbartolo.

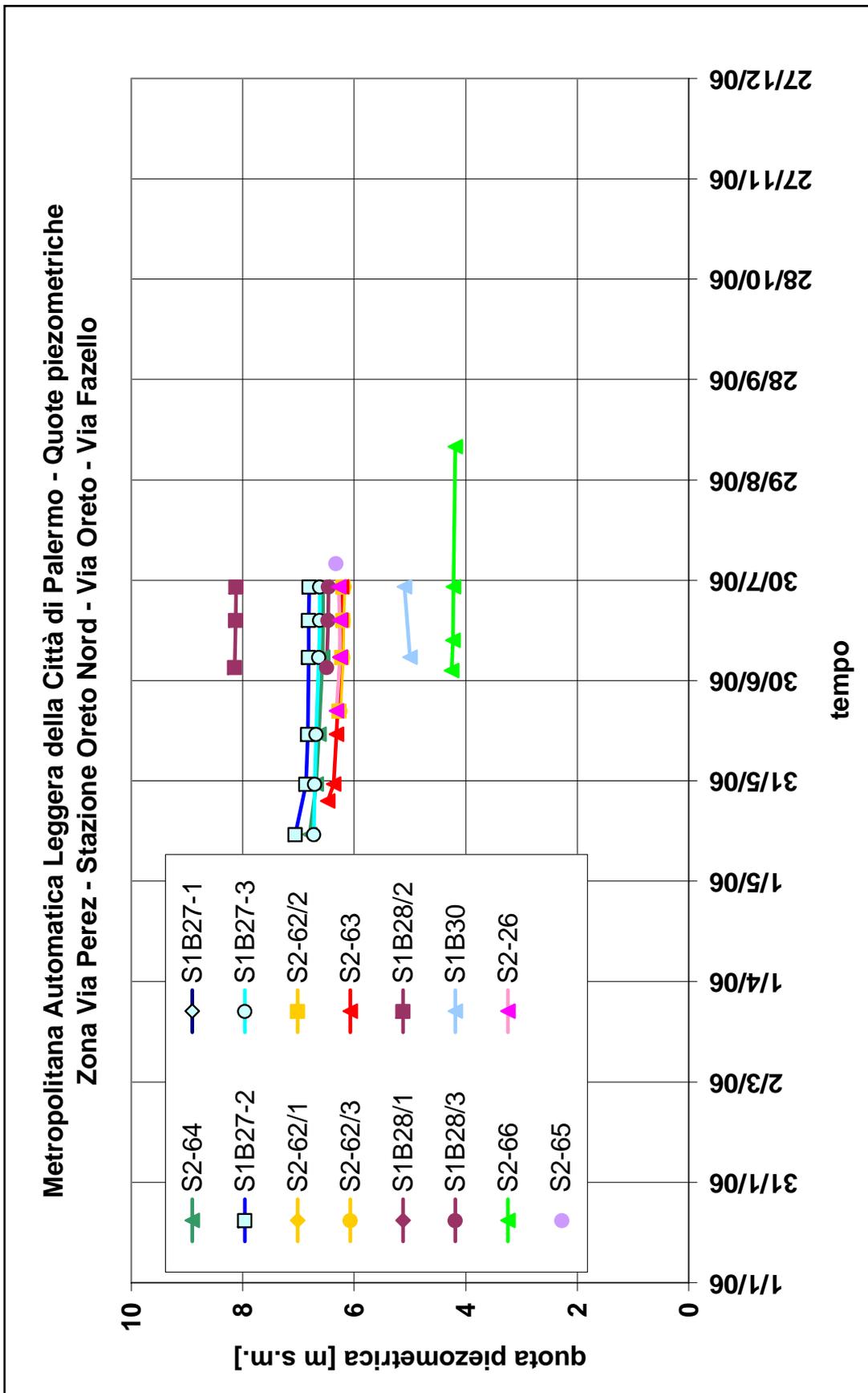
Relazione geotecnica
Appendice E – Rilievo della falda

APPENDICE E
RILIEVO DELLA FALDA



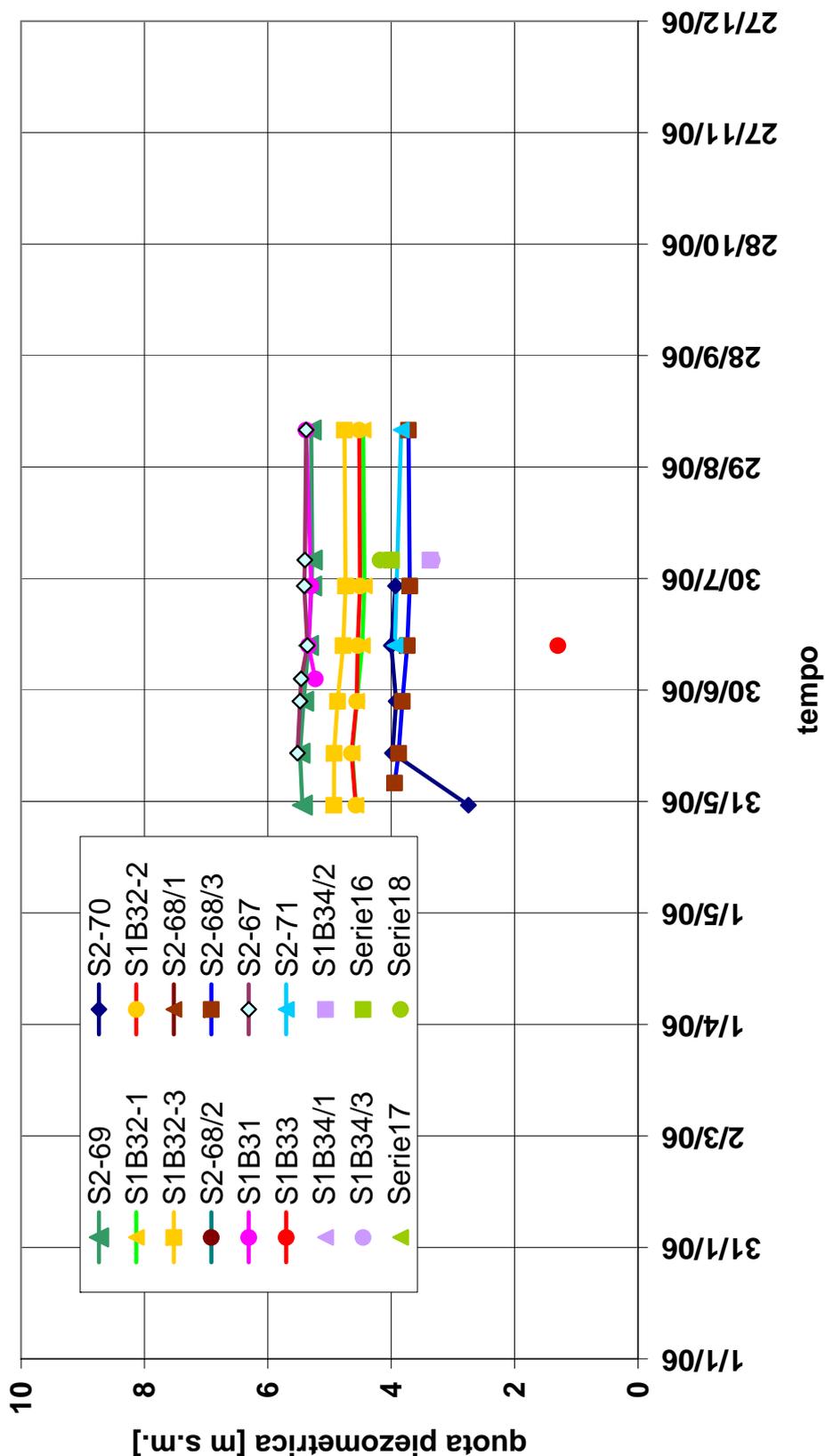






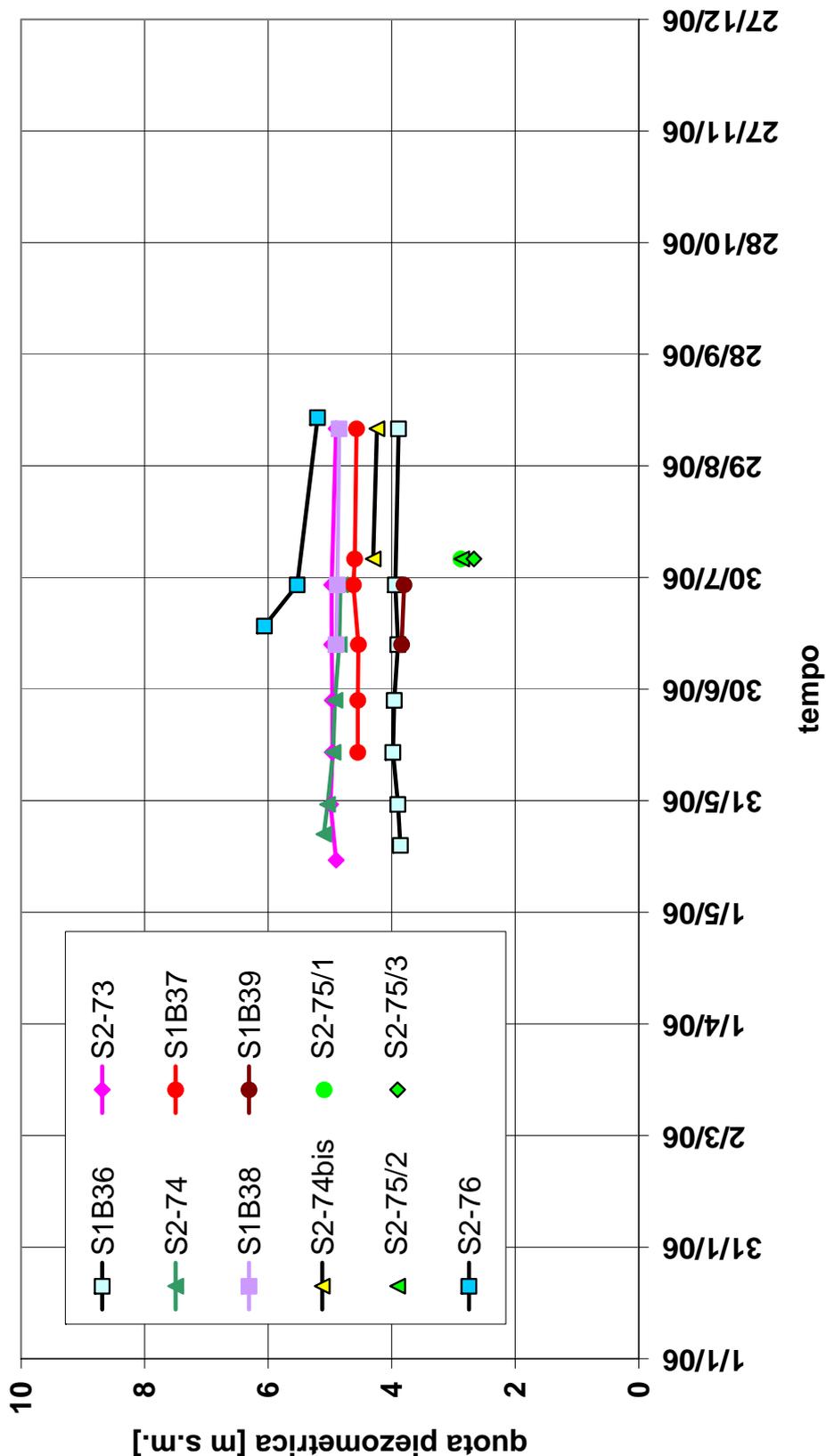


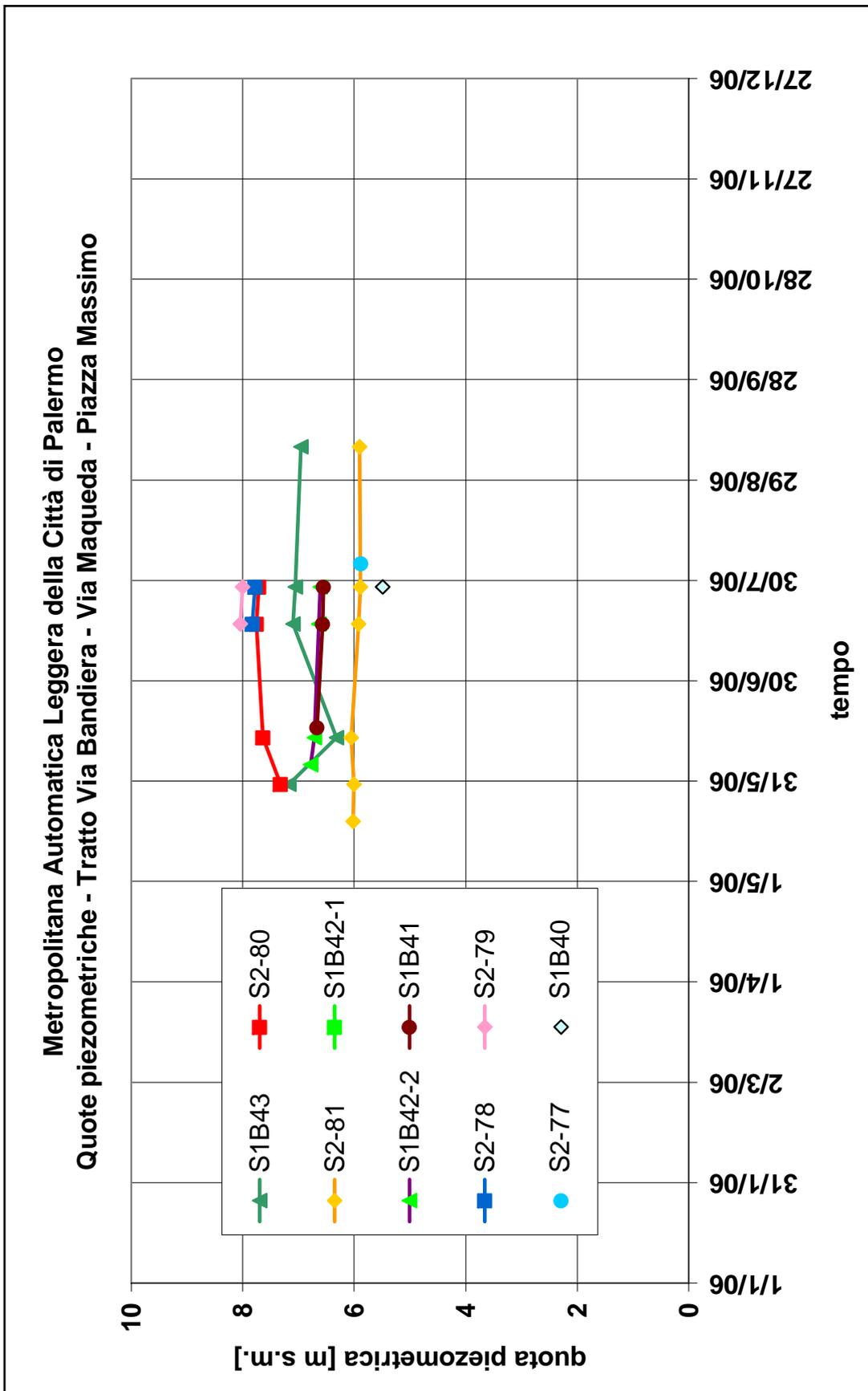
Metropolitana Automatica Leggera della Città di Palermo
Quote piezometriche - Zona Stazione Giulio Cesare - Via Roma

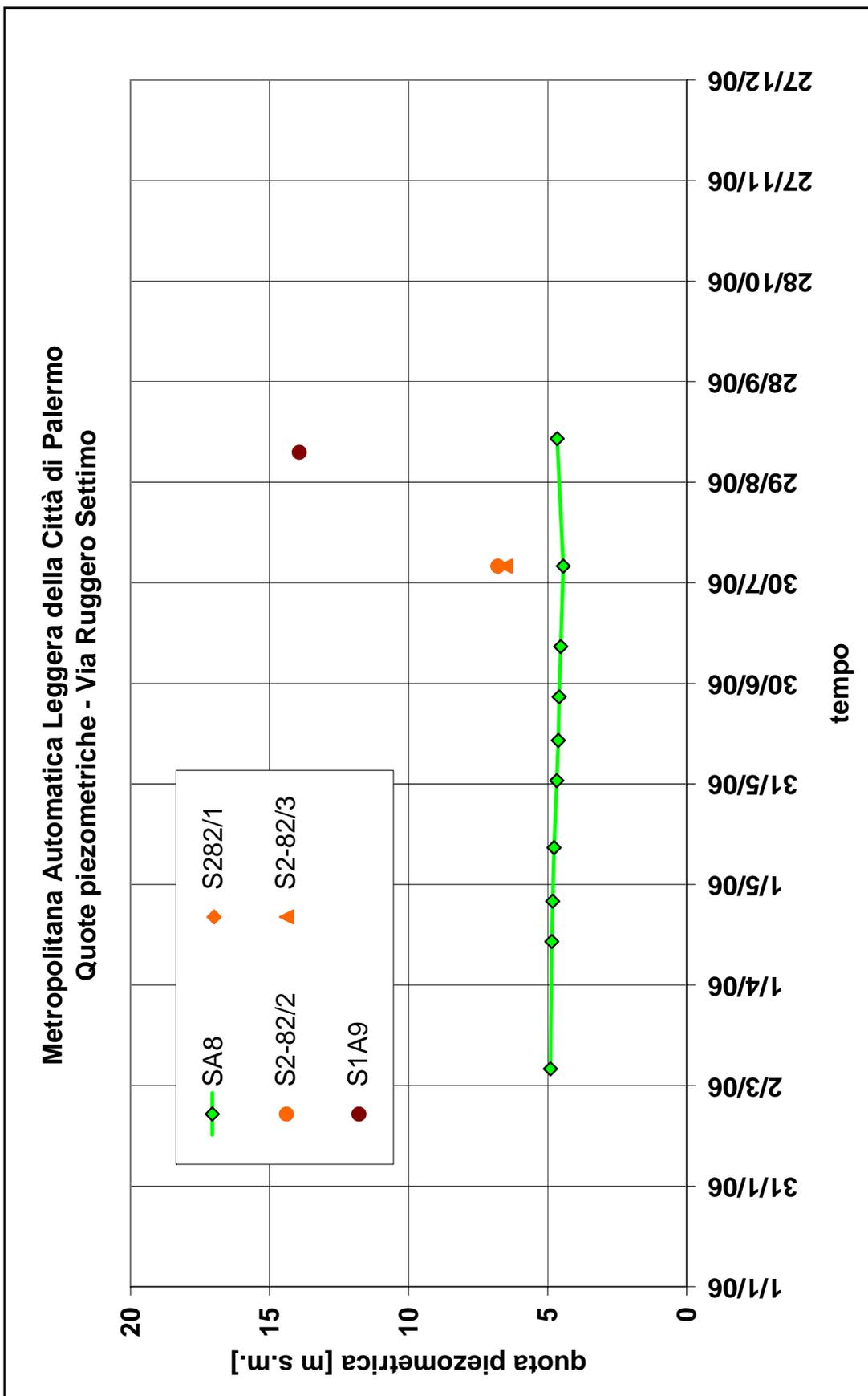


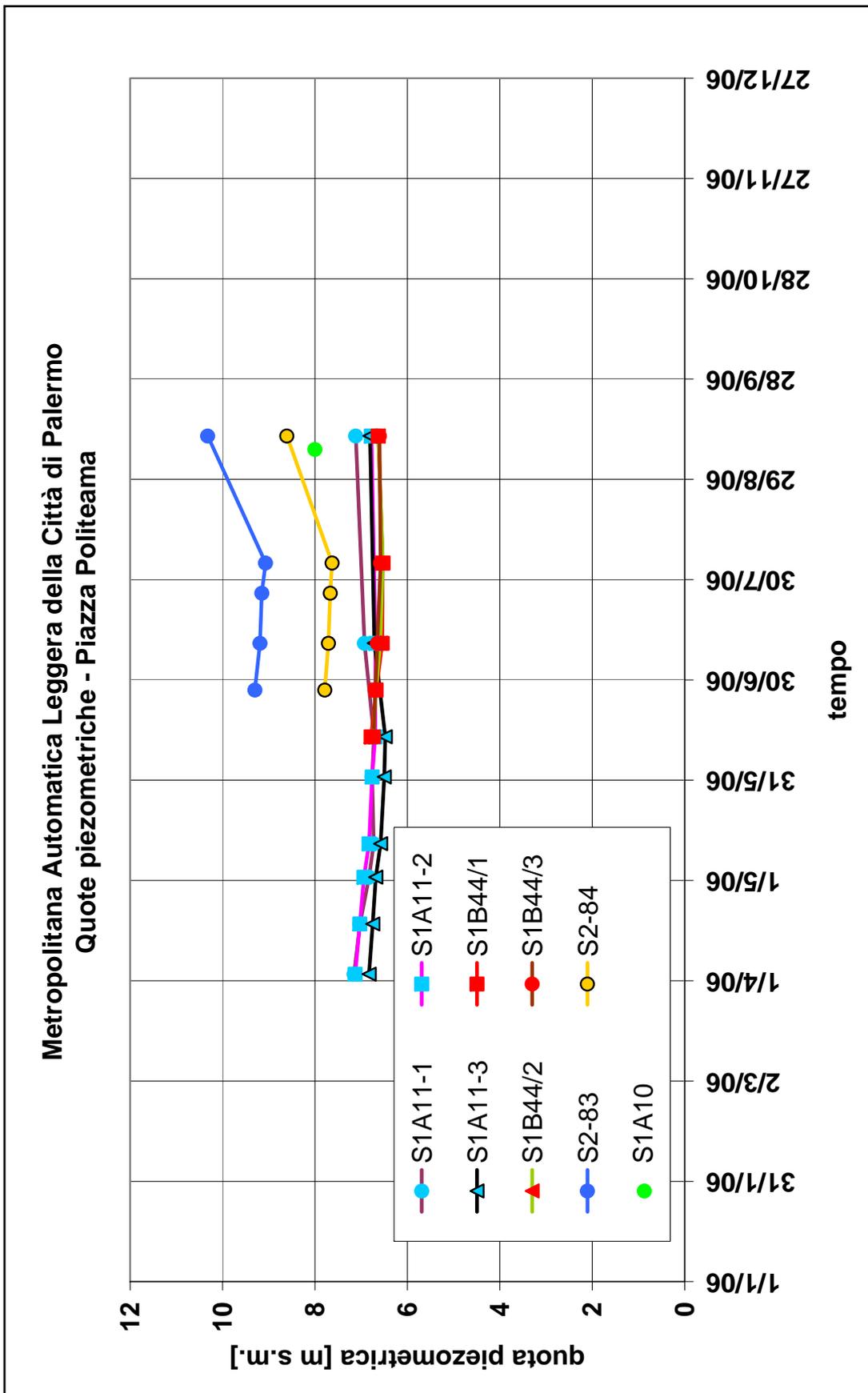


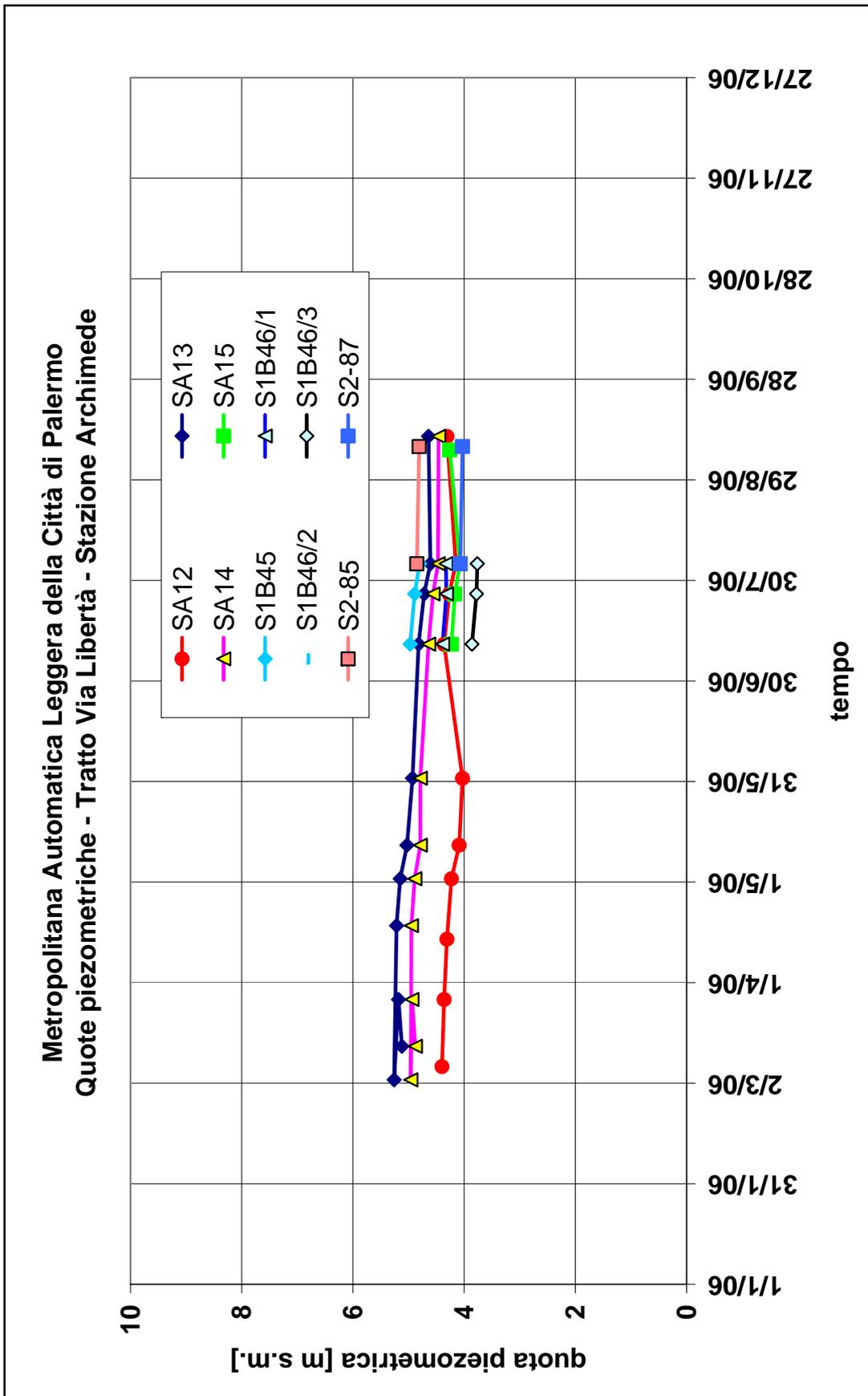
Metropolitana Automatica Leggera della Città di Palermo
Quote piezometriche - Zona Stazione Borsa - Via Roma - P.zza Bottego













Metropolitana Automatica Leggera della Città di Palermo
Quote piezometriche - Tratto Piazza Croci - Stazione Notarbartolo - Via Sciuti

