



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE Lavori di Potenziamento dello Svincolo Tiburtina 1° Stralcio Funzionale

PROGETTAZIONE: PROGETTAZIONE GRANDI INFRASTRUTTURE – PROGIN SPA

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Lorenzo Infante
Ordine degli Ingegneri Provincia di Salerno n°3446

PROGETTAZIONE:

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Gianluca Pandolfi Elmi

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

Prof. Ing. Antonio Grimaldi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Michele Curiale

VISTO IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Achille Devitofranceschi

PROTOCOLLO

DATA



PROGETTAZIONE
GRANDI
INFRASTRUTTURE
PROGIN S.p.A.
Mandataria



Mandante

PROGETTO DEFINITIVO

STUDI E INDAGINI
GEOTECNICA
RELAZIONE GEOTECNICA

CODICE PROGETTO

NOME FILE

DG1909_D_1701_P00_GE00_GET_RE01_B_DOCX

REVISIONE

FOGLIO

SCALA

PROGETTO
D G 1 0 9

LIV.PROG.
D

N.PROG.
1 7 0 1

CODICE
ELAB.

P 0 0 G E 0 0 G E T R E 0 1

B

0 0 D I 0 0

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B	EMISSIONE A SEGUITO OSSERVAZIONI CDS	Marzo 2020	S. Gasperoni	R. Velotta	L. Infante
A	EMISSIONE PER CDS	06/2017	S.GASPERONI	P. IORIO	L. INFANTE
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

2 di 151

INDICE

1. PREMESSA.....	4
1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	7
3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE	9
3.1 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE	9
3.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2011	10
3.2.1 Prove di laboratorio	11
4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
4.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI	15
4.1.1 Depositi incoerenti	15
4.1.2 Depositi coesivi	17
4.2 UNITA' R – TERRENO DI RIPORTO	18
4.3 UNITA' PI – PIROCLASTITE	19
4.4 UNITA' SG – SABBIA GHIAIOSA	20
4.5 UNITA' AG – ARGILLA LIMOSA GRIGIA	21
4.6 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	23
4.7 CATEGORIA DI SUOLO SISMICA	24
5. OPERE D'ARTE MAGGIORI	49
5.1 CAVALCAVIA.....	49
5.2 SOTTOVIA.....	50
6. CAPACITA' PORTANTE DI PALI E MICROPALI	51
6.1 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI	51
6.1.1 Analisi agli stati limite	51
6.1.2 Metodologia di calcolo	52
6.2 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI DI FONDAZIONE	54
6.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI CAVALCAVIA.....	55
6.4 CAPACITÀ PORTANTE PALI SOTTOVIA.....	60
6.5 CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI SOTTOVIA.....	64
7. COMPORTAMENTO DEI PALI AI CARICHI ORIZZONTALI	65
7.1 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO	65
7.2 ANALISI SEMPLIFICATA	66
7.2.1 Cavalcavia.....	68
8. ANALISI DEI CEDIMENTI.....	69
8.1 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL SOTTOVIA	69
8.2 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA RAMP A NORD	70
9. ANALISI DI STABILITA'	73
9.1 METODOLOGIA GENERALE.....	73
9.2 RISULTATI.....	76
10. PIANO DI POSA DEI RILEVATI	78
ALLEGATO 1	79
ANALISI CAPACITÀ PORTANTE PALI. ELABORATI DI CALCOLO PAL	79
Cavalcavia _ Approccio 2 – Combinazione 1 (A1+M1+R3)	80
Sottovia _ Approccio 2 – Combinazione 1 (A1+M1+R3).....	87



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

3 di 151

ALLEGATO 293

MOMENTO ADIMENSIONALE LUNGO IL PALO. ELABORATI DI CALCOLO MR..... 93

Cavalcavia palo D=1200 mm94

ALLEGATO 3100

**ANALISI DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI. ELABORATI DI CALCOLO CED -
METODOLOGIA DI CALCOLO CEDIMENTI..... 100**

ANALISI DEI CEDIMENTI PER RILEVATI E FONDAZIONI DIRETTE - Analisi delle tensioni indotte nel
sottosuolo dai carichi applicati in superficie 101

Calcolo dei cedimenti.....102

VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE Consolidazione monodimensionale103

Rilevato di approccio al sottovia – cedimenti totali105

Rilevato di approccio al sottovia – cedimenti immediati113

Rilevati di approccio al cavalcavia – cedimenti totali121

Rilevati di approccio al cavalcavia – cedimenti immediati126

Rilevati di approccio al cavalcavia – Decorso cedimenti nel tempo131

ALLEGATO 4132

**ANALISI DI STABILITÀ. ELABORATI DI CALCOLO PCSTABL - METODOLOGIA DI
CALCOLO GENERALE..... 132**

VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI DELLE SCARPATE133

Analisi statica135

Analisi sismica143



1. PREMESSA

Il presente elaborato ha come obiettivo la caratterizzazione geotecnica dei terreni relativamente al potenziamento dello Svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare nell'ambito della progettazione definitiva per appalto intergrato.

L'intervento prevede il potenziamento dello Svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare nell'ambito della progettazione definitiva per appalto intergrato.

Le opere maggiori consistono:

- Realizzazione di nuovo cavalcavia costituito da 6 pile e due spalle con fondazione su pali di diametro $D=1200$ mm (rampa nord);
- Ampliamento sottovia di attraversamento GRA con realizzazione di nuove spalle ed una pila di cui una spalla con fondazione su pali di diametro $D=1200$ mm e la pila e l'altra spalla con fondazione su micropali.

In particolare nel seguito verranno affrontati i seguenti aspetti:

- Descrizione delle indagini in sito e delle prove di laboratorio eseguite nelle diverse campagne geognostiche;
- Interpretazione dei risultati delle indagini e definizione dei parametri geotecnici di progetto per le varie unità intercettate;
- Definizione delle curve di capacità portante per i pali ed i micropali di fondazione delle opere in progetto; analisi del comportamento dei pali sottoposti ai carichi orizzontali;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e decorso dei cedimenti nel tempo;
- Analisi di stabilità delle scarpate dei rilevati;
- Piano di posa dei rilevati.

1.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[D_1]. T00GE00GEORE02_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Studio idrogeologico-idraulico, geologico e geotecnico. Raccolta bibliografia indagini geognostiche. Schede stratigrafiche". Progetto Preliminare.

[D_2]. T00GE00GEOCG01_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Carta geologica-geomorfologica". Progetto Preliminare.



- [D_3]. T00GE00GEOCG01_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Carta idrogeologica". Progetto Preliminare.
- [D_4]. T00GE00GEOPL02_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Planimetria ubicazione sondaggi". Progetto Preliminare.
- [D_5]. T00GE00GEO SZ01_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Profilo geologico A-A'". Progetto Preliminare.
- [D_6]. T00GE00GEO SZ02_A. Autostrada Grande Raccordo Anulare Intervento di potenziamento dello svincolo Tiburtina. "Progetto Stradale Profilo geologico B-B'". Progetto Preliminare.
- [D_7]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Sezione stratigrafica A-A' - Profilo lungo via Tiburtina. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.
- [D_8]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Sezione stratigrafica B-B' - Profilo lungo GRA. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.
- [D_9]. Progettazione definitiva per appalto integrato, comprensiva dei rilievi topografici, delle indagini geognostiche ed ambientali (escluso piano di sicurezza), necessaria per il potenziamento dello "svincolo Tiburtina sull'Autostrada Grande Raccordo Anulare - I stralcio funzionale". Profilo stratigrafico rampa nord. Progetto Definitivo per Appalto Integrato.

1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- [NT1]. D.M. 14 gennaio 2008: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- [NT2]. D.M. 11 Marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- [NT3]. Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

6 di 151

progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Dir. Centr. Tecn. N° 97/81.



2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, MORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Le zone interessate dalle opere in progetto sono collocate nell'area a nord-est della città di Roma, a cavallo tra la S.S. 5 Tiburtina e il Grande Raccordo Anulare (GRA) .

L'area in esame risulta fortemente antropizzata, caratterizzata da un'articolata rete infrastrutturale e da uno sviluppato tessuto urbano a carattere sia industriale che residenziale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area presenta rilievi di modesta altezza (circa 40 m s.l.m.) separati da zone pianeggianti, a circa 20 m s.l.m, nelle quali scorrono il Fiume Aniene e il suo affluente di destra Fosso di Pratolungo. Quest'ultimo interferisce direttamente con il progetto essendo intercettato dal GRA a circa 350 m dall'area di svincolo.

Gli elementi geomorfologici di maggior rilievo ritrovati in prossimità del settore di intervento consistono in orli di scarpata all'interno di formazioni tufacee, residui di una passata attività estrattiva.

Sotto l'aspetto geologico la configurazione attuale deriva da una sovrapposizione di diverse fasi di deposizione ed erosione in ambienti genetici diversi. Il substrato sedimentario è infatti costituito da unità in facies passanti da marina a transazionali e continentali.

Livelli argillosi e sabbiosi (unità marina di Monte Vaticano) sono seguiti da limi argillosi e sabbie grigie (Unità di Monte Mario) a cui succedono orizzonti di sabbie quarzose intercalate da ghiaie eterometriche (unità di Monte Ciocci). Il deposito successivo è rappresentato dalla serie argillosa della Formazione di Monte delle Picche seguita dalla Formazione di Ponte Galeria, comprendente successioni di argille, sabbie con ghiaie e limi.

Il deposito più recente deriva dalla messa in posto di prodotti vulcanici provenienti dall'attività dei vulcani Albano e Sabatino consistenti prevalentemente in piroclastiti. L'attività del complesso albano si è manifestata in fasi successive che hanno determinato il deposito di formazioni distinte, piroclastiti freatiche, "pozzolane rosse", "pozzolane nere", "Tufo Lionato" e "pozzolane grigie".

Nei settori più depressi, corrispondenti alla porzione centro-occidentale dell'area esaminata, affiorano invece le coperture alluvionali nonché depositi recenti interpretabili come epivulcanici, legati al rimaneggiamento in ambito alluvionale di materiali fini provenienti dalla degradazione degli adiacenti depositi piroclastici. Ad essi si uniscono, i terreni di riporto, spesso di natura pozzolanica.

L'area di progetto appartiene al bacino del Fosso di Pratolungo e la direzione principale di scorrimento delle acque superficiali risulta essere da Sud-Est a Nord-Ovest.

L'assetto idrogeologico è costituito dal complesso idrogeologico delle vulcaniti e piroclastiti albane che è dotato di una permeabilità tale da consentire la presenza di un acquifero a falda libera. La forte eterogeneità dei litotipi vulcanici determinano localmente condizioni strutturali favorevoli all'instaurarsi di acquiferi imprigionati. Il deposito sottostante di unità sedimentarie marine, transazionali e continentali risulta in continuità idraulica, presentandosi suddiviso verticalmente in più acquiferi sovrapposti. In profondità litoformazioni argillose del Pliocene e



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

8 di 151

Pleistocene inf. fungono da substrato impermeabile. La falda principale nell'area è contenuta nelle vulcaniti e drena in direzione NW con pendenza media dell'1.4%.



3. INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Nell'area in esame, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, sono state eseguite le seguenti campagne geognostiche che hanno compreso indagini in sito e prove di laboratorio:

- Campagne geognostiche pregresse a base del Progetto Preliminare;
- Campagna geognostica integrativa del 2011 a base del Progetto Definitivo.

3.1 CAMPAGNE GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Nell'area in esame sono stati eseguiti:

- Sondaggi geognostici a carotaggio continuo denominati "150L" nell'anno 1989;
- Pozzi denominati "30V".

Queste indagini sono elencate nella seguente tabella e sono mostrate nella planimetria ubicazione indagini.

In particolare tra le indagini pregresse disponibili nell'area in esame, sono state considerate quelle ubicate lungo l'asse di via Tiburtina e l'asse del GRA nel tratto interessato dall'intervento.

I certificati di queste indagini sono mostrate nel documento [D_1].

Tabella 1 – Sondaggi campagne geognostiche pregresse

Sondaggio / pozzo	Profondità [m]	Quota boccaforo [m] s.l.m.	Piezometro TA	Falda [m]	Prove SPT
30 V	23.0	24.2	-	-	-
13 V	100	23.7	-	-	-
31 V	32.0	23.0	-	13.0	-
35L	15.0	-	-	-	3
150L	15.0	-	-	-	-
160L	20.0	25.5	TA (2-20m)	4.0	1
162L	15.0	85.2	-	-	-
191L	17.5	-	-	-	-
192L	22.0	-	-	-	-
197L	20.0	-	-	-	-
3M	25.0	38.0	-	-	4

TA: piezometro a tubo aperto (tratto filtrante)

Inoltre tra le indagini pregresse, nella planimetria ubicazione indagine è indicata anche la presenza di:



- Sondaggi eseguiti per la progettazione definitiva ed esecutiva dell'Allargamento di via Tiburtina dal km 9+300 al km 15+800.

Di queste indagini non si hanno a disposizione i certificati stratigrafici.

3.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA DEL 2011

Relativamente alla campagna geognostica del dicembre 2011 sono state eseguite le seguenti indagini in sito:

- n. 4 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo (A1÷A4) di lunghezza variabile da 25 a 33 m;
- n. 1 piezometro del tipo a tubo aperto (TA), installato nel foro di sondaggio A2;
- n. 2 prove sismiche tipo Down-Hole nei fori di sondaggio A1 e A3.

Durante le perforazioni dei sondaggi sono state eseguite le seguenti attività:

- catalogazione del materiale recuperato con documentazione fotografica;
- accurato riconoscimento stratigrafico, geotecnico dei materiali;
- prelievo di n. 9 campioni indisturbati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n. 2 campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- n. 14 prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (SPT);
- rilievo del livello della falda.

La tabella seguente elenca i sondaggi e le prove eseguite durante la campagna geognostica del 2011.

Tabella 2– Sondaggi campagna geognostica 2011

Sondaggio	Profondità [m]	Quota boccaforo o s.l.m. [m]	Piezometro TA	Falda [m]	Prove SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prova DH
A1	30.0	-	-	-	3	2	-	1
A2	33.0	-	TA (2.5-33m)	4.8	4	3	1	-
A3	35.0	-	-	4.8	4	3	1	1
A4	25.0	-	-	5.1	3	1	-	-

TA: piezometro a tubo aperto (tratto filtrante)



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

11 di 151

3.2.1 Prove di laboratorio

Nei campioni prelevati nei sondaggi del 2011 sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

- apertura e riconoscimento del materiale;
- determinazione del peso di volume naturale γ ,
- determinazione del contenuto naturale d'acqua w ;
- determinazione dei limiti di Atterberg e dei limiti di consistenza;
- analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione;
- prove di compressione edometrica;
- prove di taglio diretto;
- prove di compressione assiale semplice;
- prove triassiali non consolidate non drenate.

Per i risultati si rimanda ai certificati di laboratorio nel documento [D_05]. Nella



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

12 di 151

Tabella 3 sono sintetizzati i risultati delle analisi di laboratorio.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

14 di 151

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

L'insieme delle indagini in sito ed in laboratorio eseguite nelle campagne geognostiche ha consentito l'individuazione delle seguenti unità geotecniche:

UNITA' R – Terreno di riporto

Terreno di riporto di natura vulcanica costituito generalmente da sabbia limosa con laterizi presente a partire dal p.c. con spessore di 2-3 m.

UNITA' Pi – Piroclastite

Si tratta di terreno piroclastico costituito talvolta da limo argilloso sabbioso con scorie vulcaniche e femici (unità **PiL**), talvolta da sabbia limosa (unità **PiS**). Il mariale si presenta a tratti pseudo coerente ed a tratti argillificato per alterazione. E' stato individuato in alcuni sondaggi sotto il terreno di riporto fino a profondità di 7-14 m dal p.c..

UNITA' SG – Sabbia ghiaiosa

Si tratta di sabbia ghiaiosa di natura travertinosa di colore marrone chiaro biancastra. Talvolta si trovano intercalati livelli decimetrici di limo di natura diatomitica e sabbia calcarea e localmente livelletti torbosi. Il materiale incoerente si rinviene sotto la piroclastite con spessori da 3 a 8 m circa.

UNITA' Ag – Argilla limosa grigia

Si tratta di argilla limosa talvolta sabbiosa di colore grigio, grigio-verdastro da consistente a molto consistente, localmente si rinvencono livelli di sostanza organica torbosa nerastra. Talvolta l'unità Ag ha intercalati strati da 2 a 8 m circa di sabbia limosa grigia con sparse tracce di sostanza organica (unità S),

UNITA' Tf – Tufo

Si tratta di tufo compatto pseudo coerente a granulometria prevalentemente sabbioso limosa. Rinvenuto nel sondaggio A4 con spessore di 1-2 m intercalato alla piroclastite.

La stratigrafia di progetto da assumere per il dimensionamento delle singole opere andrà valutata sulla base delle indagini più prossime all'opera in esame, a tal fine si rimanda alle sezioni stratigrafiche eseguite lungo via Tiburtina e lungo il pertinente tratto del GRA, dove sono riportate tutte le indagini eseguite, le correlazioni stratigrafiche ed il livello di falda.



4.1 CRITERI DI VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

4.1.1 Depositi incoerenti

Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

La densità relativa, in accordo a quanto indicato in Skempton (1986), può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente relazione

$$Dr = \left(\frac{1}{A + B \cdot \sigma_{vo}'} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche in funzione della granulometria del terreno,

σ_{vo}' = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²)

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione

Dr = densità relativa

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per le unità R, PiL, PiS, la correlazione valida per sabbia fine normal consolidata;
- per l'unità SG la correlazione valida per sabbia grossa normal consolidata.

Parametri di resistenza

L'angolo di resistenza al taglio (φ') è stato stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) che correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:

$$\varphi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{sabbia medio-fine uniformemente ben gradata}$$

$$\varphi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo:

Dr = densità relativa

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per le unità R, PiL, PiS, la correlazione valida medio fine uniformemente ben gradata;
- per l'unità SG la correlazione valida per sabbia medio grossa uniformemente ben gradata.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

16 di 151

Per confronto è riportata anche la stima dei valori dell'angolo di resistenza al taglio con la correlazione di De Mello (1971) che correla i valori N_{SPT} con la tensione verticale efficace alla profondità di prova.

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi incoerenti possono essere stimati :

- dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT,
- da indagini sismiche Down-Hole.

In particolare dalle indagini sismiche, il modulo di taglio iniziale (G_0) e quello di Young iniziale (E_0) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio (V_s) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = (\gamma / \rho_a) \cdot V_s^2$$

$$E_0 = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot G_0$$

dove:

γ = peso di volume naturale del terreno assunto pari a 19 kN/m^3 .

ρ_a = pressione atmosferica pari a 9.81 m/s^2 .

V_s = velocità delle onde di taglio in m/s.

ν = coefficiente di Poisson assunto pari a 0.3.

Le velocità delle onde di taglio (V_s) possono essere ricavate direttamente dalle prove sismiche in sito (Down-hole) oppure dai valori di N_{SPT} attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988). Dalla velocità delle onde di taglio sono stati ricavati i valori del modulo di taglio iniziale e dei moduli elastici sulla base delle correlazioni precedentemente indicate.

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \text{ (m/sec) Ohta e Goto (1978)}$$

essendo:

$$C = 53.3$$

z = profondità dal p.c. in metri

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito

Nel caso in esame si è considerato, cautelativamente:

- per i terreni di riporto (unità R), $f_G = 1.09$ (sabbie fini);



- per la sabbia ghiaiosa e le piroclastiti (unità SG, PiL, PiS), $f_G = 1.14$ (sabbie grosse).

$$v_s = C \cdot (N_{SPT})^{0.25} \cdot (\sigma_v')^{0.14} \quad (\text{m/sec}) \quad \text{Yoshida e al. (1988)}$$

essendo:

$C = 56$ per sabbie grosse con almeno il 25% di ghiaia (unità SG); $C = 49$ per sabbie fini (unità R, PiL, PiS).

$\sigma_{vo}' =$ pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova.

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0).

Nei paragrafi successivi verranno riportati a confronto per le varie unità geotecniche tutti i risultati delle prove in sito e dell'interpretazione delle prove eseguite.

4.1.2 Depositi coesivi

Per i depositi coesivi la caratterizzazione geotecnica è stata fatta oltre che dall'interpretazione delle prove in sito anche dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati.

Classificazione

La classificazione dei terreni avverrà essenzialmente sui risultati delle seguenti prove di laboratorio:

- Analisi granulometriche;
- pesi di volume naturale (γ);
- grado di saturazione (S);
- contenuti d'acqua naturale (w_n);
- indici dei vuoti iniziali (e_0);
- limiti di Atterberg (W_L , W_p , IP).

Per quanto concerne lo stato di tensione iniziale e la pressione di preconsolidazione si farà riferimento ai risultati delle prove edometriche di laboratorio.

Caratteristiche di resistenza

Per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in tensioni efficaci dei depositi coesivi ci si è basati sui risultati delle prove di laboratorio che consiste essenzialmente in n. 2 prove di taglio diretto consolidate drenate (CD).

La resistenza al taglio in condizioni non drenate è stata determinata con prove di laboratorio triassiali non consolidate non drenate e prove a compressione assiale semplice e con prove di Pocket Penetrometer sulle carote di sondaggio. Inoltre può essere anche desunta dai risultati



delle prove penetrometriche dinamiche SPT in base alla seguente correlazione di Stroud (1974):

$$C_U \cong (5.0 \div 5.5) \cdot N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità dei depositi coesivi sono stimati principalmente dai risultati delle indagini sismiche in sito (prove Down-Hole) secondo le correlazioni già precedentemente indicate per i terreni incoerenti. Inoltre possono essere stimati dalle prove edometriche di laboratorio e da correlazioni di letteratura.

Il modulo di deformazione E può essere stimato sulla base dei valori della resistenza al taglio non drenata c_u : $E=120 \cdot c_u$.

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0).

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per l'analisi dei cedimenti dei rilevati saranno assunti pari a $1/10$ di quello iniziale (E_0); cautelativamente nel caso in esame per le argille si è assunto anche $E'=1/10 \cdot E_0$, in relazione agli elevati valori dei moduli ricavati dalle prove sismiche.

Nella valutazione dei cedimenti immediati dei rilevati il modulo di Young "operativo" E_u verrà stimato essenzialmente sulla base della correlazione empirica proposta da Duncan & Buchignani (1976): $E_u = k \cdot c_u$.

4.2 UNITA' R – TERRENO DI RIPORTO

Il terreno di riporto di natura vulcanica è costituito generalmente da sabbia limosa, talvolta argillosa, con laterizi e raro ghiaietto; è presente a partire dal p.c. con spessore di 2-3 m circa. Si tratta di terreno poco addensato, vedasi valore di N_{SPT} di 5 colpi/30 cm (vedasi Figura 1).

Parametri di resistenza

La resistenza al taglio stimata dall'interpretazione delle prove SPT è compresa fra 30 e 35° (vedasi Figura 3 e Figura 4).

Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche Down Hole sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

$V_s = 180 \div 200$ m/s	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 65 \div 80$ MPa	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 170 \div 200$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale.



4.3 UNITA' PI – PIROCLASTITE

Si tratta di terreno piroclastico costituito talvolta da limo argilloso sabbioso con scorie vulcaniche e femici (unità **PiL**), talvolta da sabbia limosa (unità **PiS**). Il materiale si presenta a tratti pseudo coerente ed a tratti argillificato per alterazione. E' stato individuato in alcuni sondaggi sotto il terreno di riporto fino a profondità di 7-14 m dal p.c..

I valori di N_{SPT} variano da 5 a 30 colpi/30 cm negli strati più limosi (**PiL**) e tra 25 e 52 in quelli più sabbiosi (**PiS**) (vedasi Figura 1).

In corrispondenza degli strati a maggiore matrice fine coesiva sono stati eseguiti due campionamenti indisturbati su cui sono state eseguite prove di laboratorio.

Dalle analisi granulometriche (vedasi Figura 14) il materiale (**PiL**) risulta costituito da:

- percentuale di fine (limo + argilla) compresa tra il 89 e 87%, di cui argilla variabile tra il 17 e 34%;
- una percentuale di sabbia compresa tra il 11 e 12% e di ghiaia inferiore ad 1%.

Il peso di volume naturale è compreso fra 14 e 17 kN/m³.

Il contenuto naturale d'acqua è tra 40 e 83%. Il limite liquido è tra 52 e 72%, mentre il limite plastico è tra 35 e 50% (vedasi Figura 17), quindi l'indice plastico è compreso fra 17 e 22 % (vedasi Figura 20) L'indice di consistenza è 0.7 (vedasi Figura 21). Dalla carta di plasticità di Casagrande il materiale ricade nella zona dei limi inorganici di alta compressibilità (vedasi Figura 18).

Parametri di resistenza

Sui campioni indisturbati prelevati nell'unità piroclastica a maggiore matrice fine (unità **PiL**) sono state eseguite due prove di taglio diretto che hanno condotto ai seguenti risultati: coesione drenata $c' = 6-14$ kPa e angolo di resistenza al taglio $\varphi' = 30-33^\circ$ (vedasi Figura 19).

Dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio (vedasi Figura 3 e Figura 4):

- unità **PiL**: compresi fra 30 e 39°, i valori inferiori si ottengono dalla correlazione di De Mello;
- unità **PiS**: compresi fra 37 e 42°.

Per i livelli a prevalente matrice fine coesiva sono disponibili prove di Pocket Penetrometer per la misura della resistenza al taglio in condizioni non drenate ed una prova di laboratorio a compressione assiale semplice. I valori di resistenza al taglio non drenata variano da 100 a 200 kPa circa.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

20 di 151

Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche Down Hole e dai risultati delle prove SPT sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

unità PiL: dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio molto più alte (460 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (150÷200 m/s), ciò è probabilmente riconducibile al fatto che le correlazioni di letteratura usate per la stima di V_s da SPT non tengono conto della caratteristica pseudocoerente e/o argillificato del materiale:

$$V_s = 150\div 200, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 45\div 75, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 110\div 200, 1000 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

unità PiS: dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio molto più alte (460 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (150÷200 m/s), ciò è probabilmente riconducibile al fatto che le correlazioni di letteratura usate per la stima di V_s da SPT non tengono conto della caratteristica pseudocoerente e/o argillificato del materiale:

$$V_s = 200\div 270, 460 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 85\div 130, 420 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 200\div 350, 1000 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

In laboratorio è disponibile una prova edometrica che ha dato un modulo di 7 MPa (vedasi Figura 24).

4.4 UNITA' SG – SABBIA GHIAIOSA

Si tratta di sabbia ghiaiosa di natura travertinoso di colore marrone chiaro biancastra. Talvolta si trovano intercalati livelli decimetrici di limi bianchi ben addensati e sabbia calcarea, localmente livelletti torbosi. Il materiale incoerente si rinvia sotto la piroclastite con spessori da 3 a 8 m circa e poggia generalmente sulla argilla grigia.

I valori di N_{SPT} variano da 20 colpi/30 cm a rifiuto (100) con andamento generalmente crescente con la profondità (vedasi Figura 1).

Parametri di resistenza

Dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT, si stimano valori dell'angolo di resistenza al taglio compresi fra 36 e 44° (vedasi Figura 3 e Figura 4).



Caratteristiche di deformabilità

Dalle prove sismiche Down Hole e dai risultati delle prove SPT sono state stimate le caratteristiche di deformabilità (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori, in particolare dalla prova sismica A1-DH si osservano valori di velocità delle onde di taglio più alte (360 m/s) rispetto a quelle stimate dalle prove SPT (250 m/s):

$$V_s = 250\div 360 \text{ m/s}$$

$$G_0 = 45\div 260 \text{ MPa}$$

$$E_0 = 110\div 670 \text{ MPa}$$

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

4.5 UNITA' AG – ARGILLA LIMOSA GRIGIA

Si tratta di argilla limosa talvolta sabbiosa di colore grigio, grigio-verdastro da consistente a molto consistente, localmente si rinvencono livelli di sostanza organica torbosa nerastra. Nella stratigrafia del pozzo 13V (seppur molto scarna nella descrizione), è segnalata la presenza di argilla torbosa da 14 m alla massima profondità investigata (100 m).

Talvolta l'unità Ag ha intercalati strati di spessore molto variabile da 2 a 8 m circa di sabbia limosa grigia con sparse tracce di sostanza organica (denominata nei grafici come unità S), generalmente moderatamente addensata (è disponibile un valore di N_{SPT} di 20 colpi/30 cm).

Nella zona dove è previsto il cavalcavia, le indagini (sondaggi A2, A3, 197L) hanno rilevato in superficie terreni argillosi limosi scuri di natura epivulcanica, riconducibili ad una rielaborazione in ambito alluvionale dei materiali fini provenienti dalla disgregazione dei depositi piroclastici. Questi terreni sovrastano le argille limose sabbiose grigie addensate che costituiscono il substrato dell'area.

Nei campioni indisturbati prelevati nell'unità coesiva sono state eseguite prove di laboratorio che hanno condotto ai risultati di seguito sintetizzati.

Dalle analisi granulometriche (vedasi Figura 15) si ottiene:

- una percentuale di fine (limo + argilla) variabile tra 78 e 95%, di cui argilla tra il 23 e il 48%;
- una percentuale di sabbia variabile tra 4 e 21%, ghiaia inferiore a 1%.

Il peso di volume naturale è compreso fra 17 e 18 kN/m³ per i terreni argilloso limosi di natura epivulcanica (sondaggi A2, A3, 197L) e tra 18 e 19.7 kN/m³ per le argille grigie a profondità maggiore di 10-15 m dal p.c..

Il contenuto naturale d'acqua è compreso tra 29 e 59%. Il limite liquido è compreso tra 37 e 61% mentre il limite plastico tra 20 e 37% (vedasi Figura 17), quindi l'indice plastico tra 15 e 33% (vedasi Figura 20). L'indice di consistenza è valutato dunque 0.2÷0.9. (vedasi Figura 21).

Dalla carta di Plasticità di Casagrande il materiale si colloca nella zona delle argille – limi a medio-alta plasticità (vedasi Figura 18).



Dalle prove edometriche di laboratorio è stato stimato il valore della tensione di preconsolidazione e quindi è stato stimato il grado di sovraconsolidazione (OCR), graficato in Figura 23.

Nella Figura 25 è mostrato il valore del coefficiente di consolidazione (c_v) ricavato dalle prove edometriche di laboratorio, che risulta mediamente pari a $1.3 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$. Il coefficiente di consolidazione secondaria (c_{α}) è mediamente pari a 0.0008.

In corrispondenza del deposito in esame sono disponibili prove SPT che hanno dato valori tra 5 e 12 colpi/30 cm con un valore a rifiuto.

Parametri di resistenza

In laboratorio sono state eseguite prove triassiali non consolidate non drenate e prove a compressione assiale semplice per la stima della resistenza al taglio in condizioni non drenate (vedasi Figura 19):

- da TXUU: valori di c_u compresi fra 51 e 76 kPa;
- da ELL: valori di c_u 76 e 118 kPa.

Nella Figura 22 sono mostrati i valori della resistenza al taglio in condizioni non drenate stimati sia dall'interpretazione delle prove in sito, sia quelli ricavati dalle prove di laboratorio; si osserva un sostanziale accordo fra i risultati di tutte le indagini con valori di resistenza al taglio in condizioni non drenate tra 50 e 200 kPa, con andamento crescente con la profondità.

Caratteristiche di deformabilità

Le caratteristiche di deformabilità del deposito sono state simulate principalmente sulla base delle dei risultati delle indagini sismiche Down-Hole (vedasi Figura 8÷Figura 13), da cui si sono ricavati i seguenti valori:

$$V_s = 250\div 350 \text{ m/s}$$

velocità delle onde di taglio

$$G_0 = 120\div 315 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione a taglio iniziale

$$E_0 = 235\div 620 \text{ MPa}$$

modulo di deformazione elastico iniziale.

In laboratorio sono state eseguite prove edometriche sui campioni indisturbati prelevati nelle argille limose di natura epivolcanica che hanno dato valori compresi fra 5 e 14 MPa; tali valori sono in sostanziale buon accordo con i valori di modulo confinato stimati a partire dalle prove SPT (vedasi Figura 24). Questi valori sono comunque decisamente inferiori rispetto ai valori di modulo stimati dalle indagini sismiche. Per i calcoli dei cedimenti verranno considerati i valori stimati dalle indagini sismiche in quanto derivanti da prove dirette in sito eseguite in continuo con la profondità. del modulo stimati dalla correlazione proposto da Duncan & Buchignani (1976) secondo cui $E_u = k \cdot c_u$, con:

$$E_u = 550\div 600 \text{ cu}$$

per Ag a profondità inferiore a 15 m dal p.c. caratterizzato da IP=18%, OCR = 2-3.

$$E_u = 400\div 500 \text{ cu}$$

per Ag a profondità maggiore di 15-20 m dal p.c. caratterizzato da IP= 30%, OCR = 1.5.



4.6 SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini eseguite in sito ed in laboratorio si stimano i seguenti valori dei parametri geotecnici di progetto per le varie unità intercettate. Ai fini del dimensionamento delle varie opere in progetto, per la stratigrafia di riferimento verranno considerate le indagini eseguite più vicine all'opera e quindi si rimanda alla rappresentazione delle sezioni stratigrafiche (vedasi 0, 0, 0).

Unità R – Terreno di riporto

$\gamma = 17\div 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 28\div 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$V_s = 180\div 200 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 65\div 80 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 170\div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale.

Unità PiL – Piroclastite limoso argillosa

$\gamma = 15\div 17 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 30\div 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 5\div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$c_u = 100\div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio non drenata
$V_s = 150\div 200, 460 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 45\div 75, 420 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 110\div 200, 1000 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale.

Unità PiS– Piroclastite sabbioso limosa

$\gamma = 15\div 17 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35\div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0\div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$V_s = 200\div 270, 460 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$G_0 = 85\div 130, 420 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_0 = 200\div 350, 1000 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale.

Unità SG– Sabbia ghiaiosa

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35\div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$V_s = 250\div 360 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

24 di 151

$G_0 = 45 \div 260 \text{ MPa}$

$E_0 = 110 \div 670 \text{ MPa}$

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

Unità Ag – Argilla limosa grigia

$\gamma = 17 \div 19 \text{ kN/m}^3$

$\varphi' = 26^\circ$

$c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$

$c_u = 50 \div 200 \text{ kPa}$

$V_s = 250 \div 350 \text{ m/s}$

$G_0 = 120 \div 315 \text{ MPa}$

$E_0 = 235 \div 620 \text{ MPa}$

peso di volume naturale

angolo di resistenza al taglio

coesione drenata

resistenza al taglio non drenata

velocità delle onde di taglio

modulo di deformazione a taglio iniziale

modulo di deformazione elastico iniziale.

Falda: il livello di falda massimo rilevato da lettura piezometrica è a 4 m dal p.c..

4.7 CATEGORIA DI SUOLO SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento all'approccio che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento (cfr tab 3.2. II DM 18/01/2008):

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità e sulla base della resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato, ricavata dalle indagini sismiche;

In relazione ad una $V_{s,30} = 340 \text{ m/s}$ si arriva ad attribuire ai terreni di fondazione nell'area in esame una categoria di suolo di tipo C.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

25 di 151

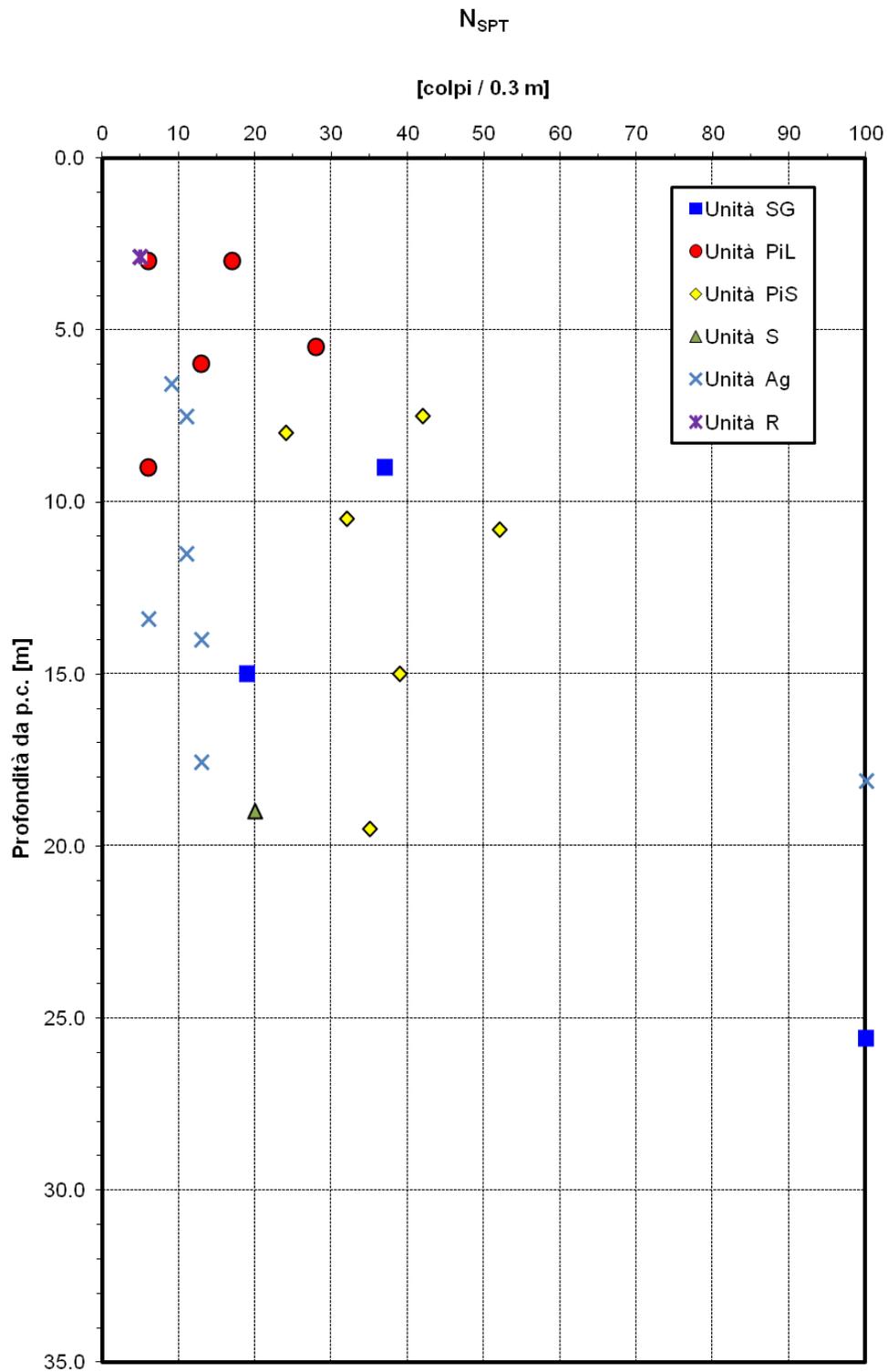


Figura 1: Valori di N_{spt}



Densità relativa da prove SPT

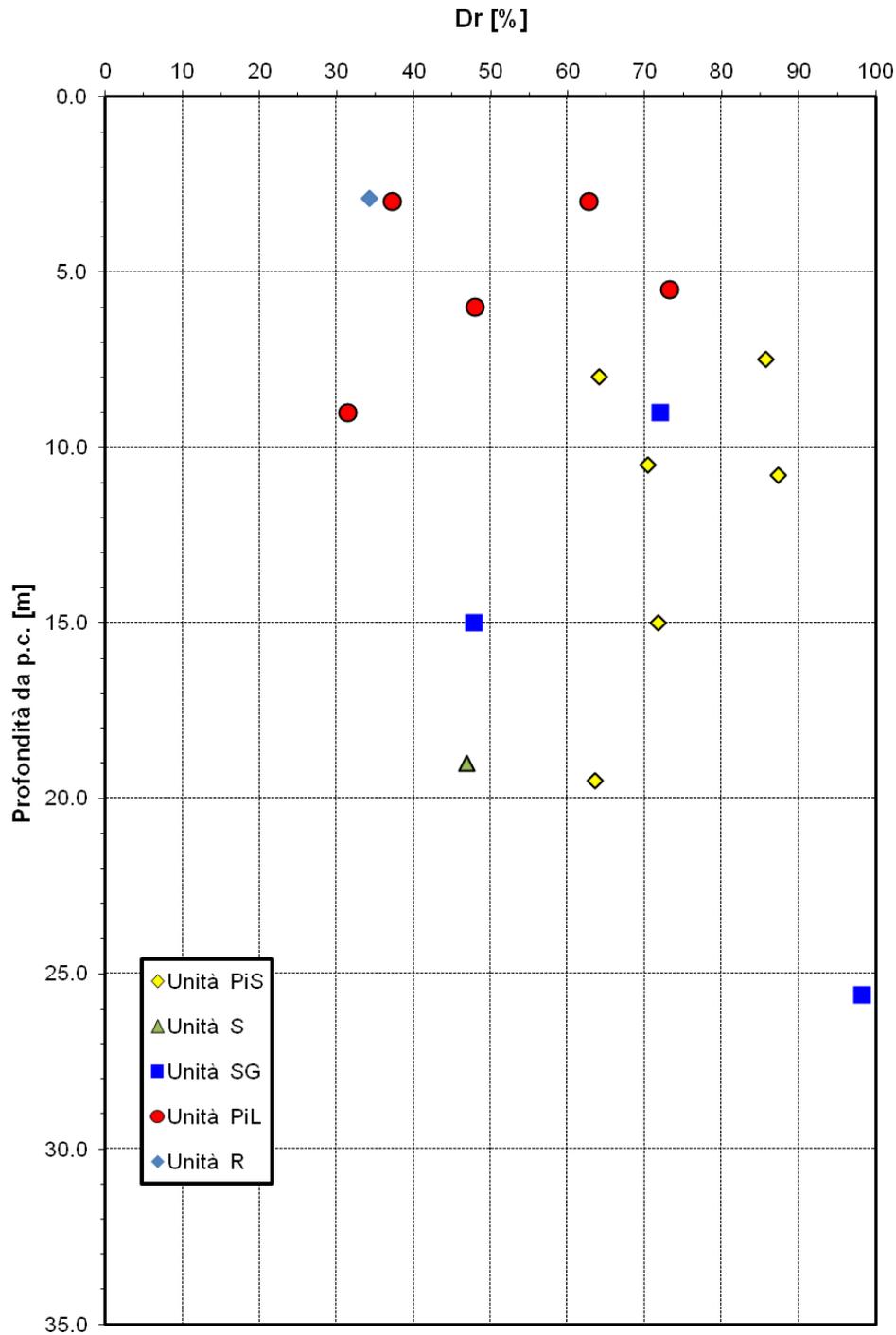


Figura 2: Densità relativa da prove SPT



Angolo di resistenza al taglio da prove SPT

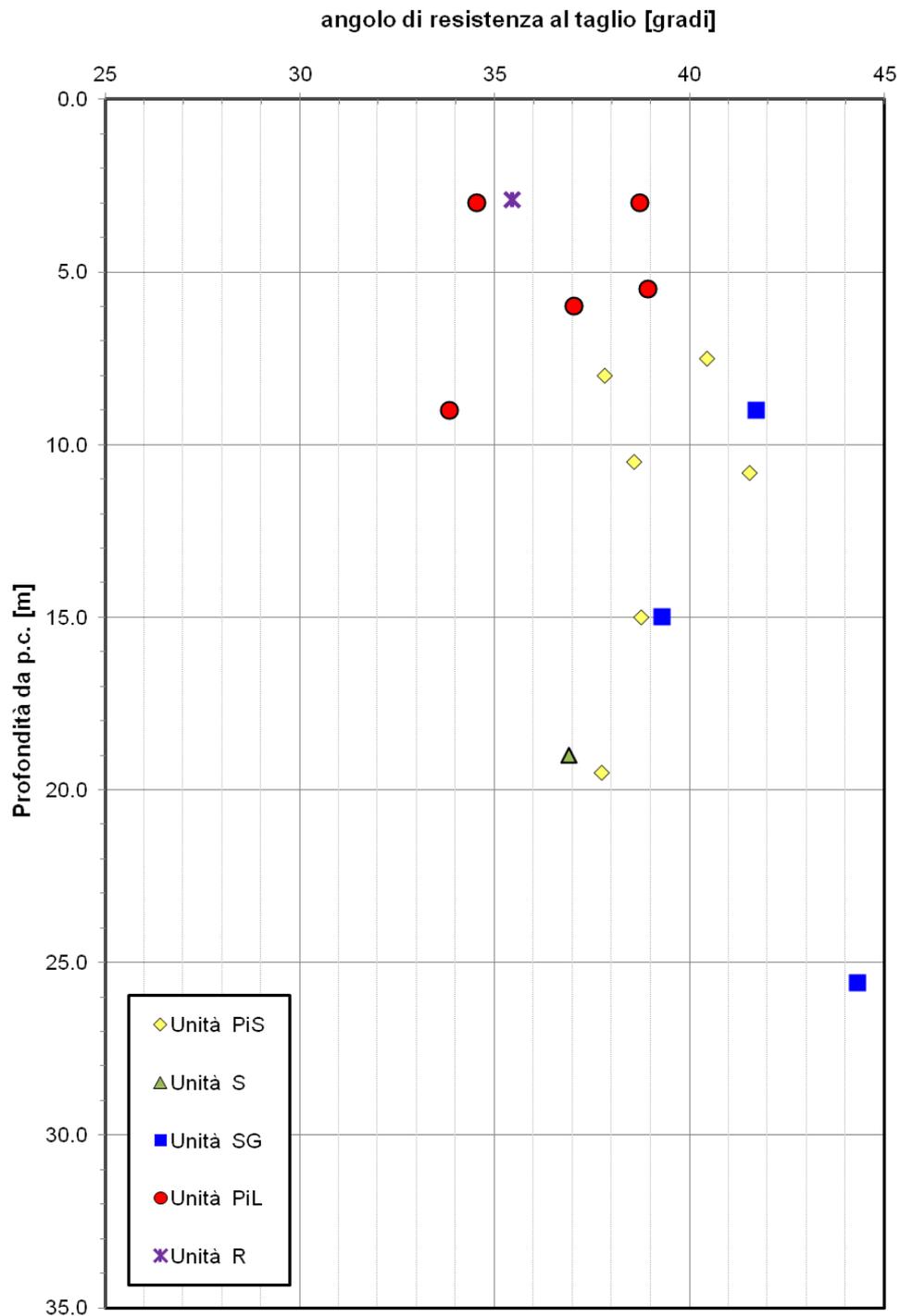


Figura 3: Angolo di resistenza al taglio da prove SPT (Schmertmann, 1977)



Correlazione $N_{SPT}-\phi'$, De Mello (1971)

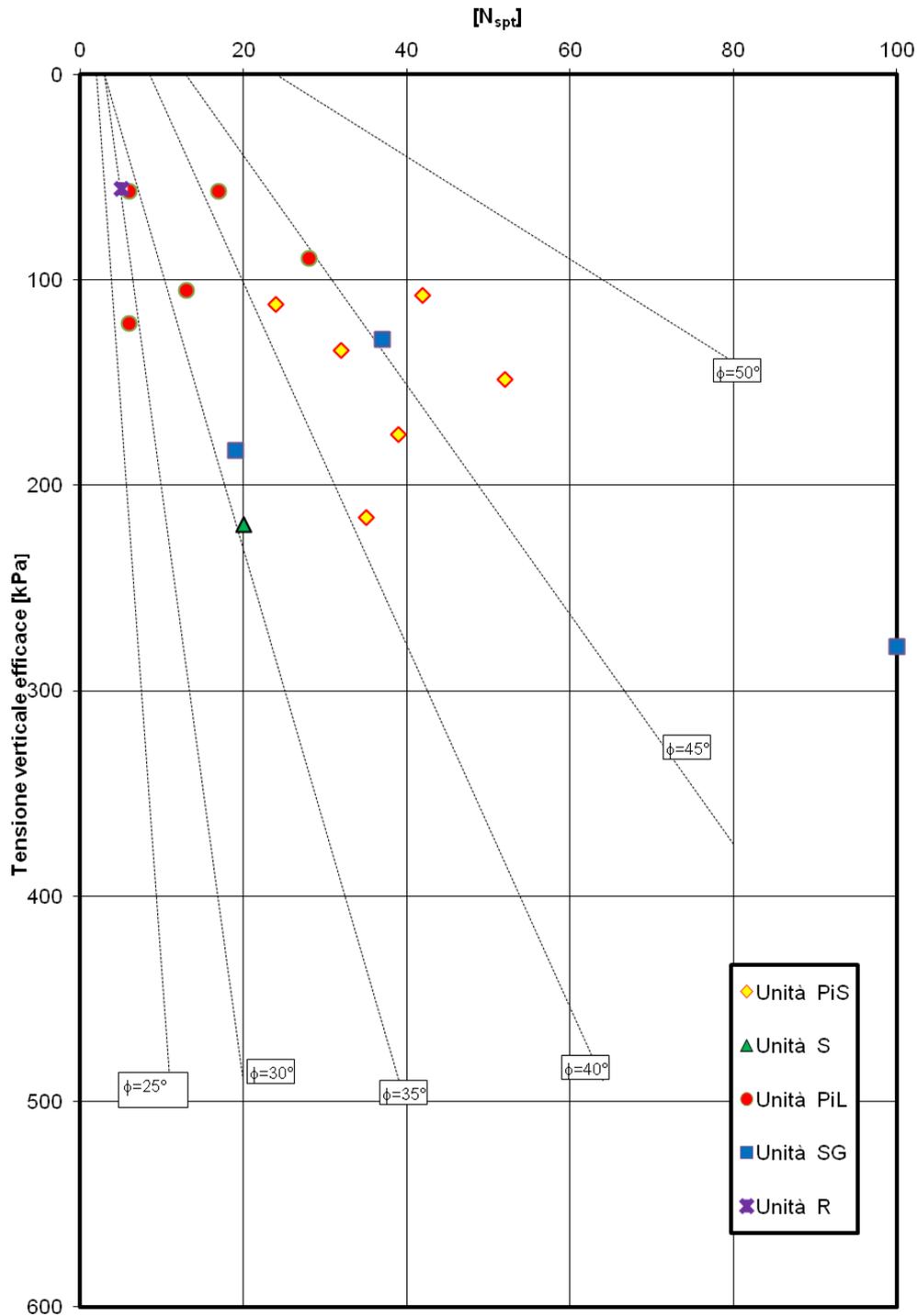


Figura 4: Angolo di resistenza al taglio da prove SPT (De Mello, 1971)



Velocità delle onde di taglio confronto fra prove SPT e DOWN-HOLE

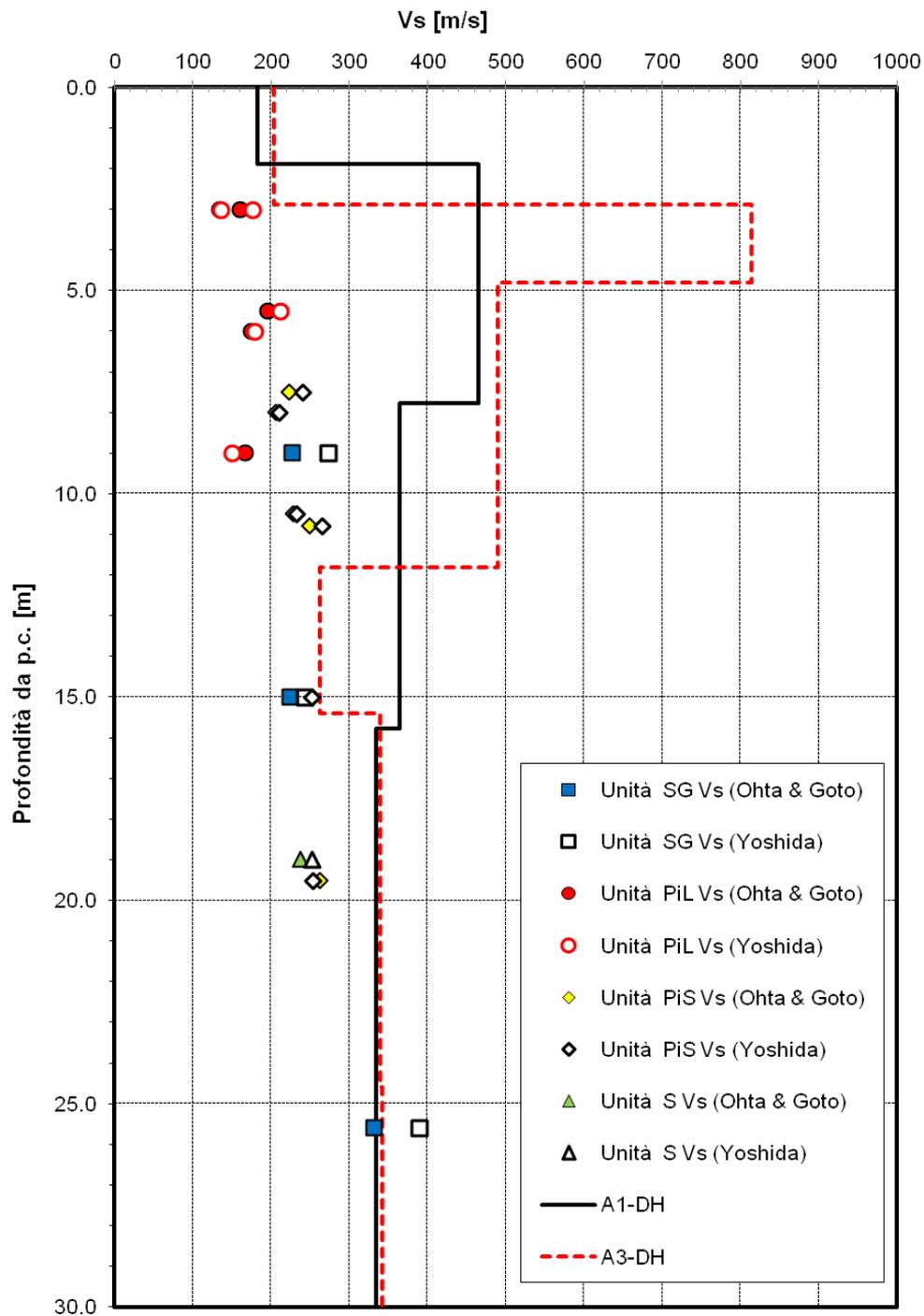


Figura 5: Velocità delle onde di taglio, confronto Down-Hole e prove SPT



Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT

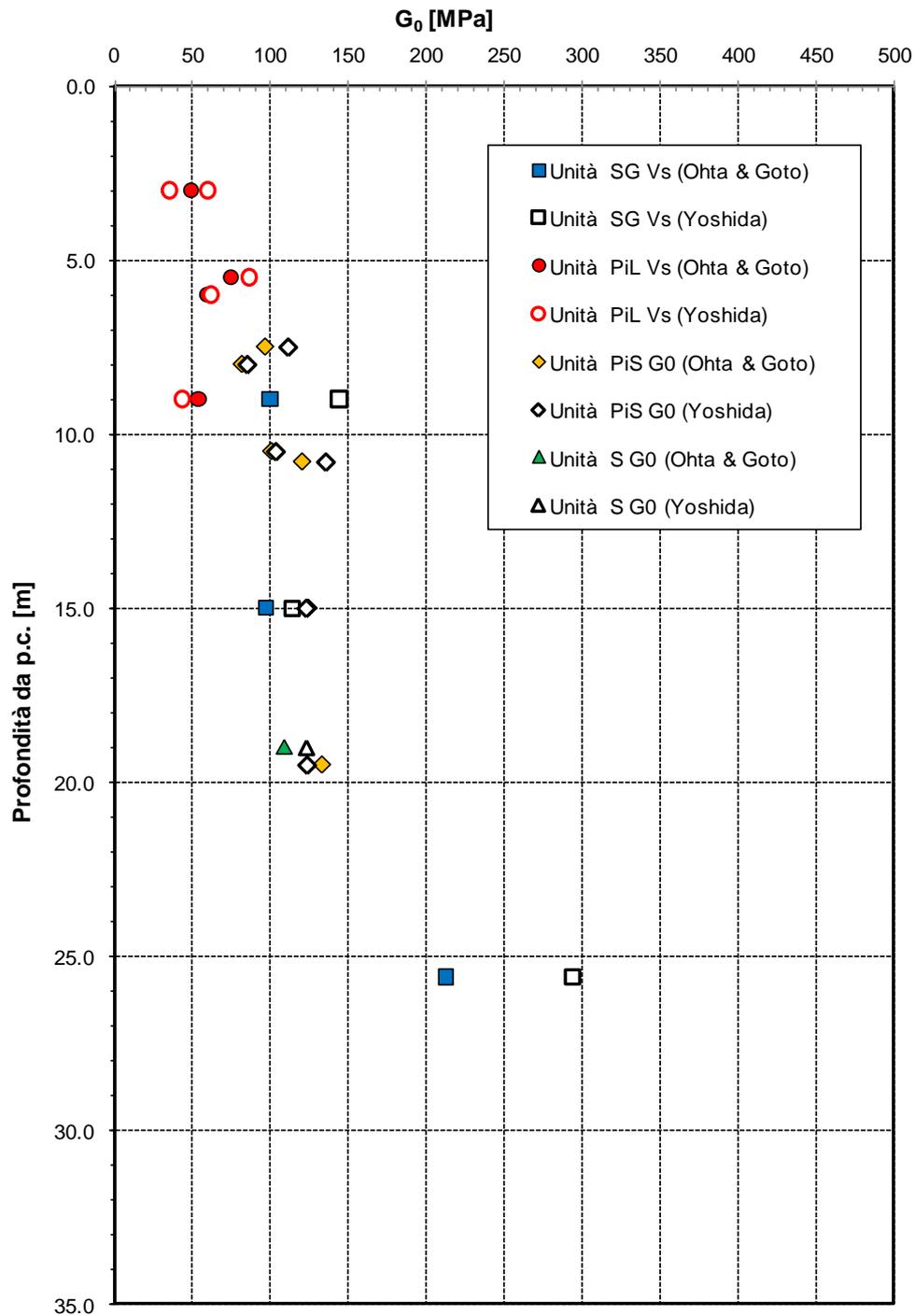


Figura 6: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prove SPT



Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT

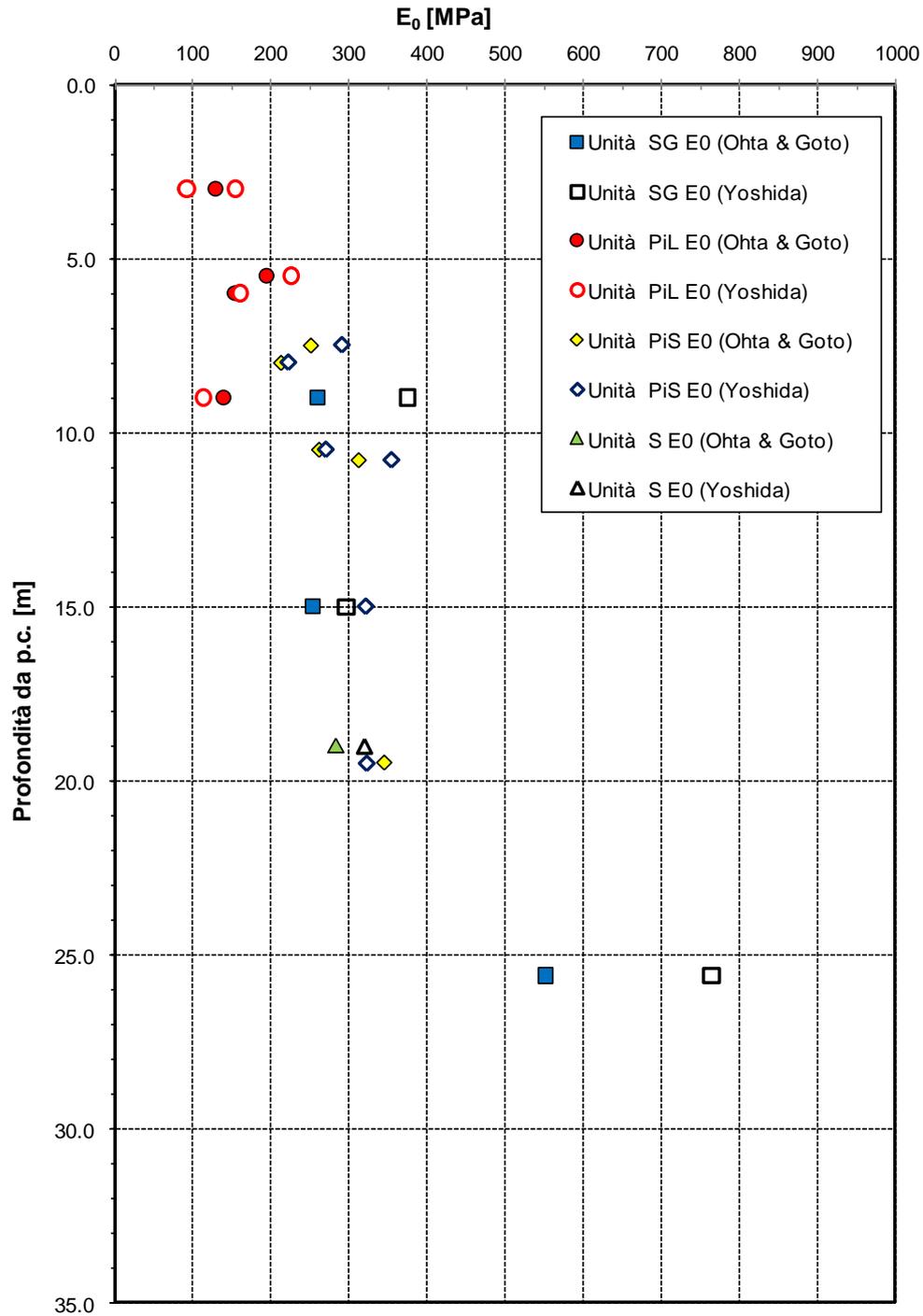


Figura 7: Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
32 di 151

Velocità onde di taglio da prova Down-Hole

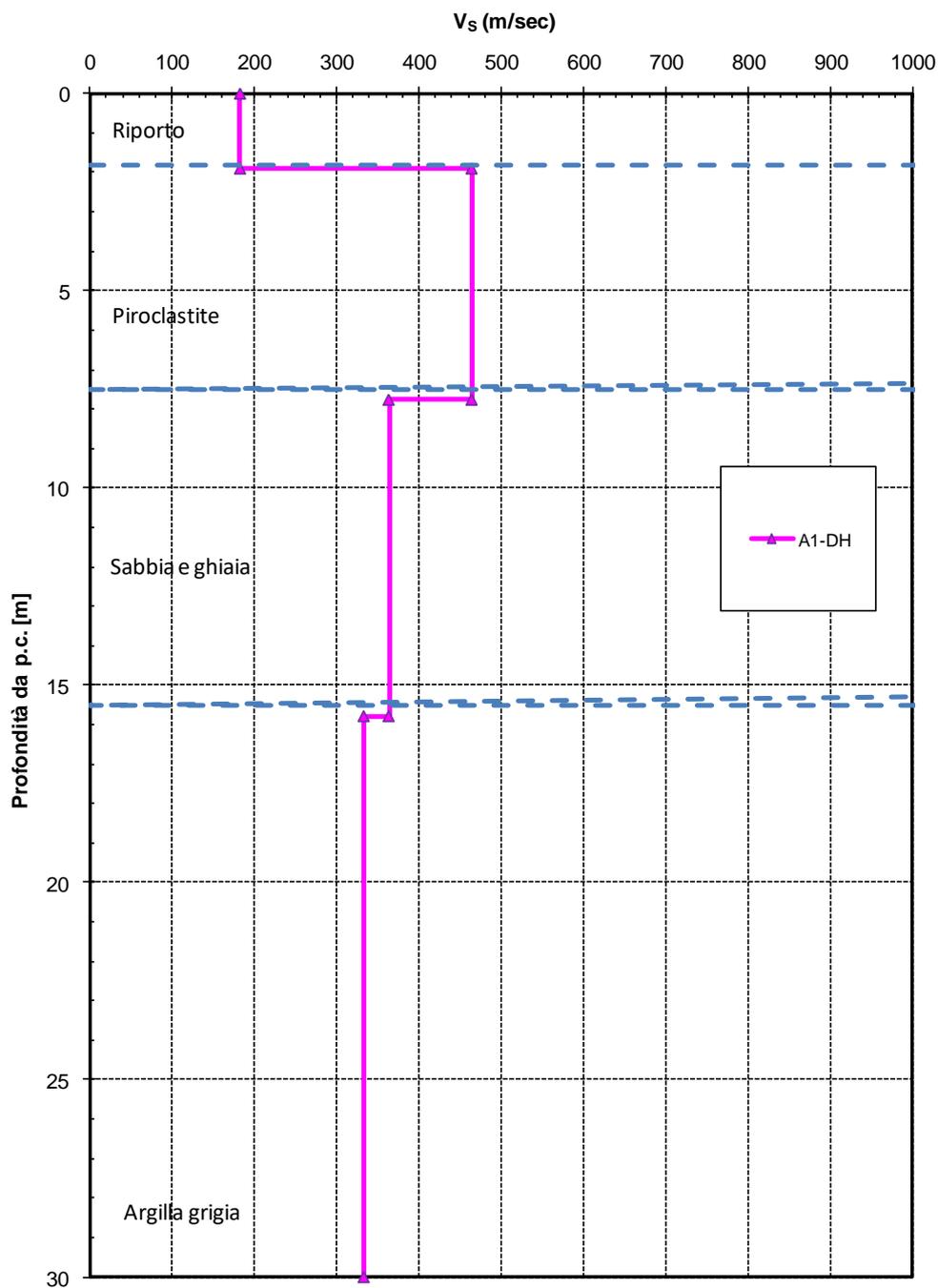


Figura 8: Velocità delle onde di taglio da prova Down- Hole in foro A1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
33 di 151

Modulo di deformazione a taglio iniziale G_0 da prova Down-hole

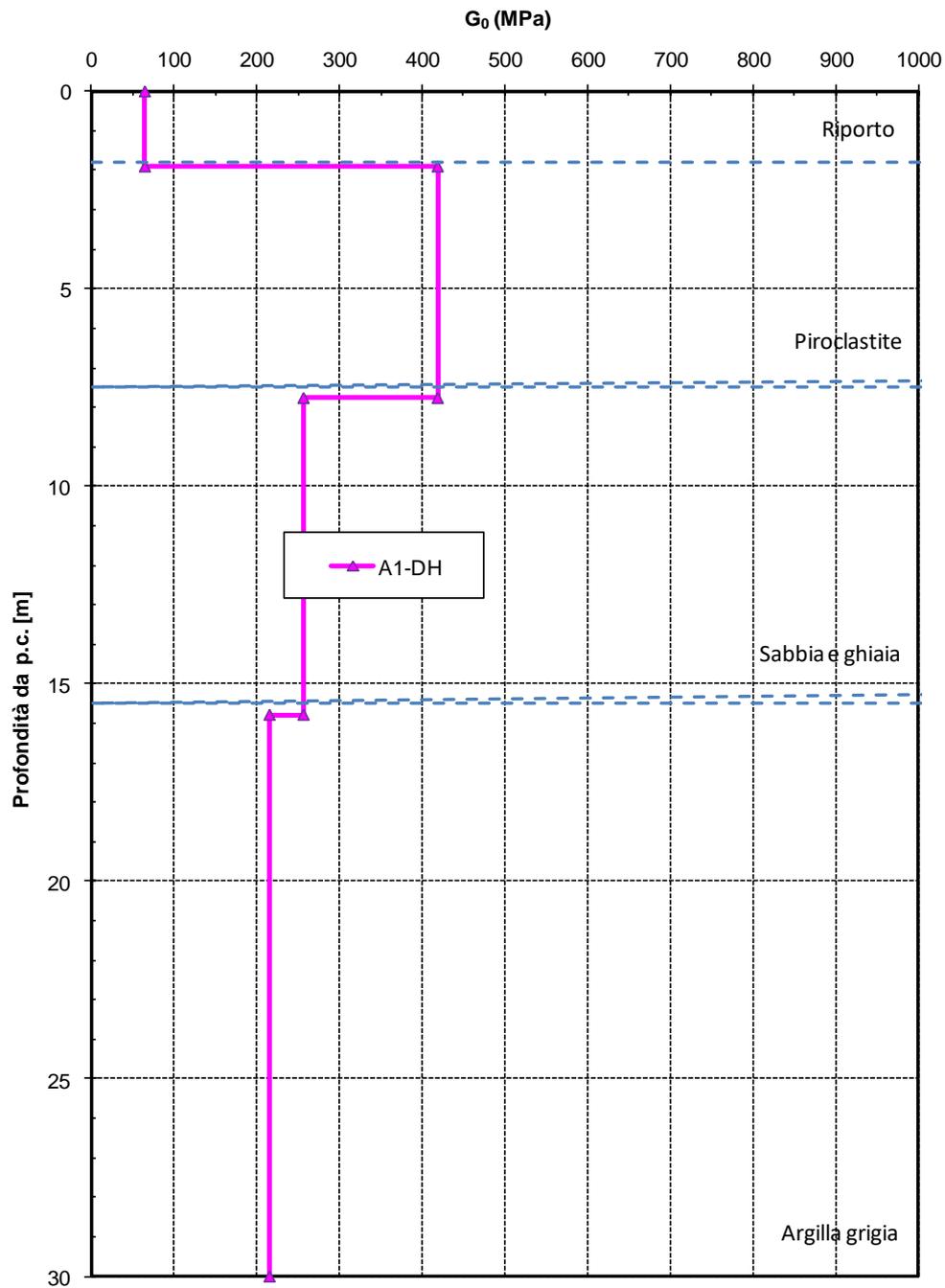


Figura 9: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prova Down- Hole in foro A1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
34 di 151

Modulo di deformazione di Young iniziale E_0 da prova Down-hole

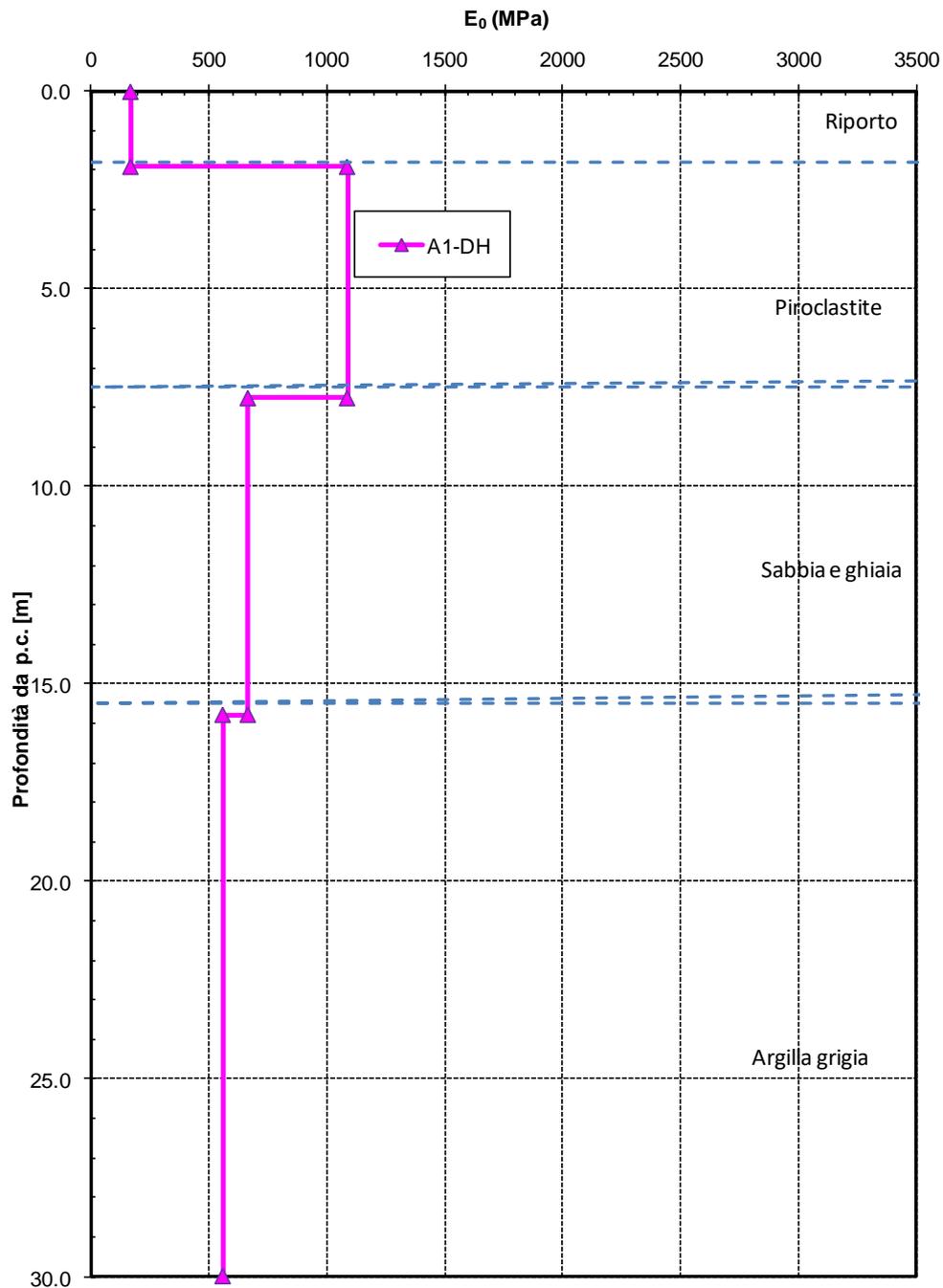


Figura 10: Modulo di deformazione elastico iniziale da prova Down- Hole in foro A1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
35 di 151

Velocità onde di taglio da prova Down-Hole

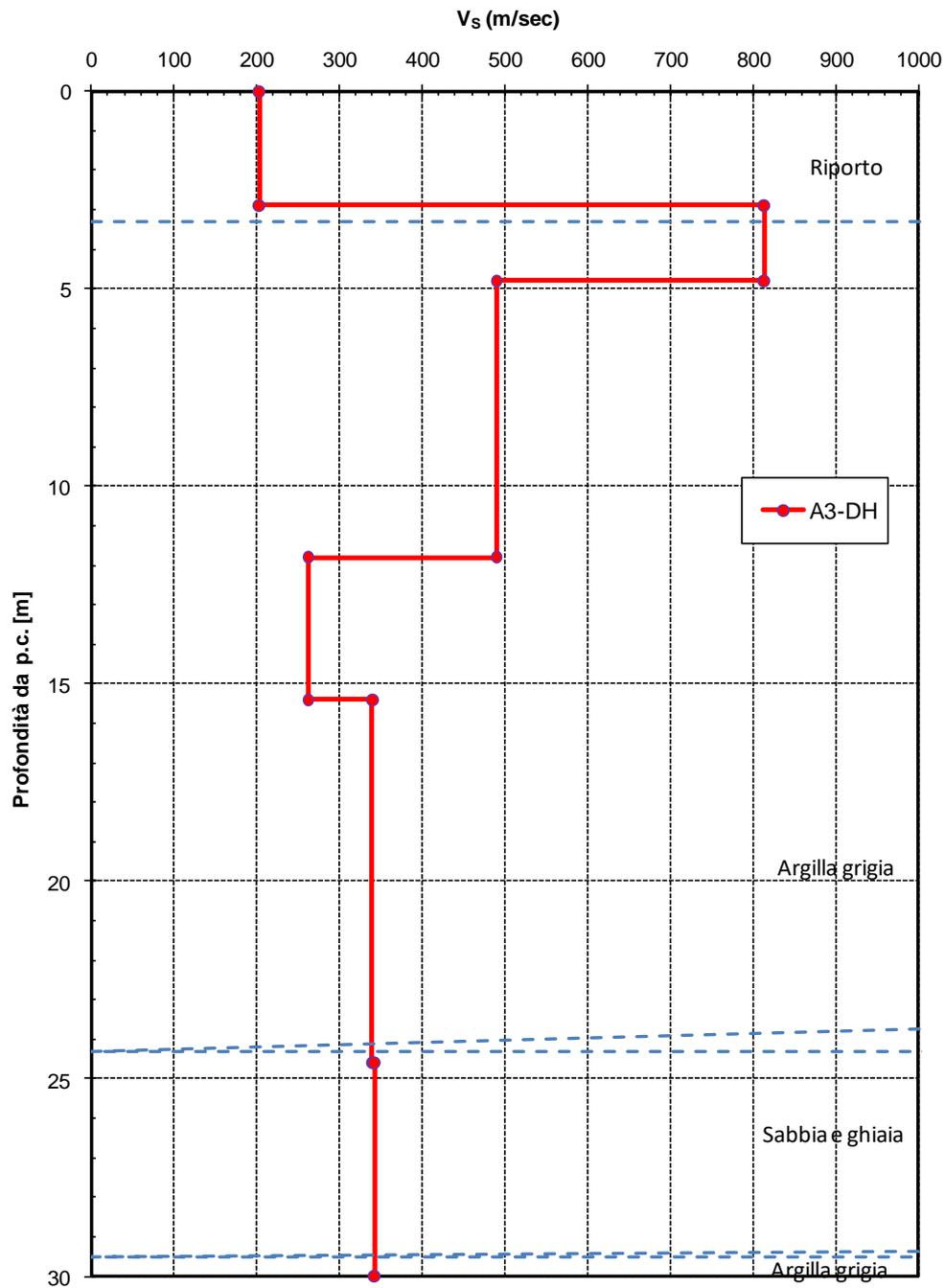


Figura 11: Velocità delle onde di taglio da prova Down- Hole in foro A3



Modulo di deformazione a taglio iniziale G_0 da prova Down-hole

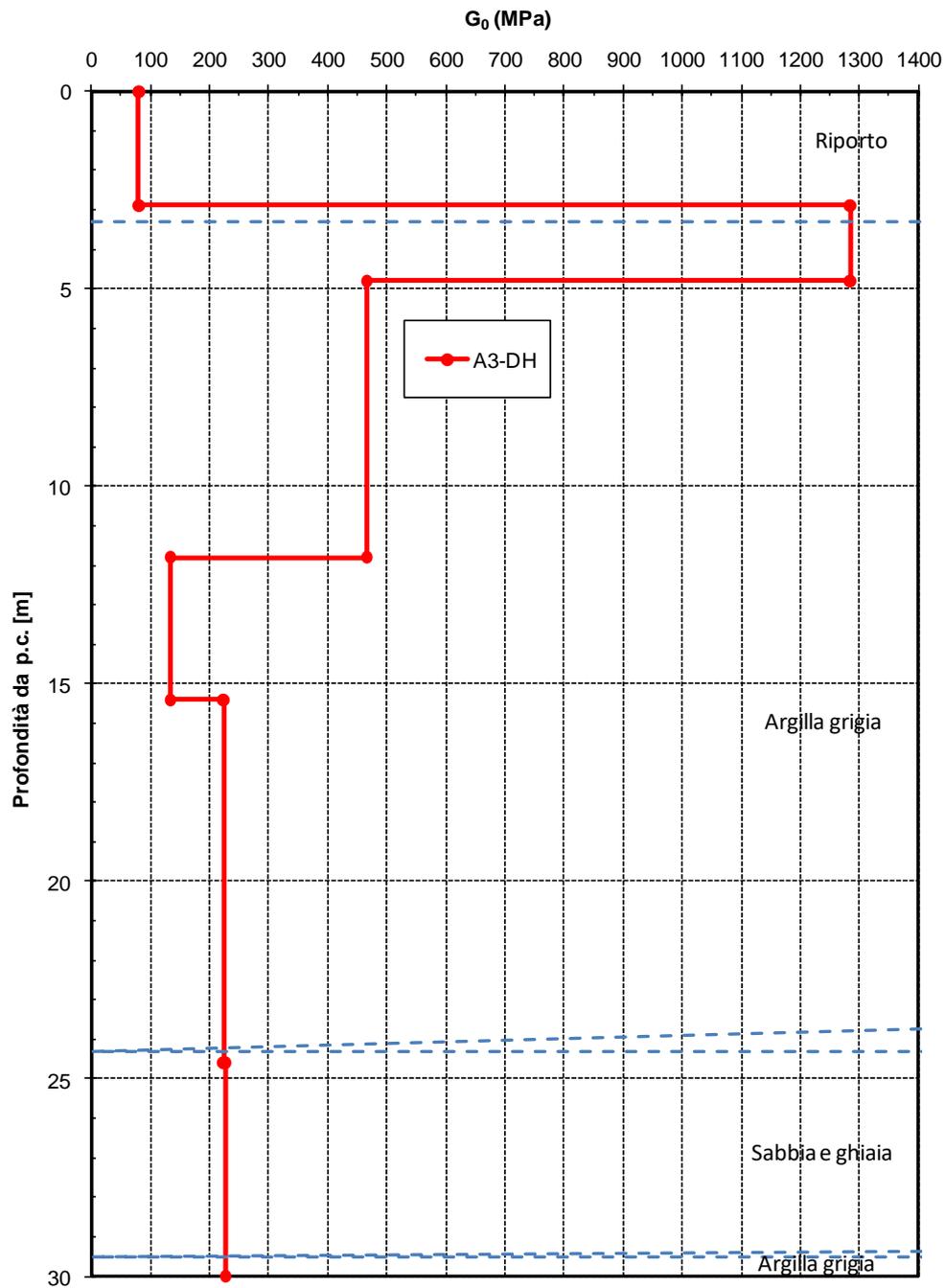


Figura 12: Modulo di deformazione a taglio iniziale da prova Down- Hole in foro A3



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

37 di 151

Modulo di deformazione di Young iniziale E_0 da prova Down-hole

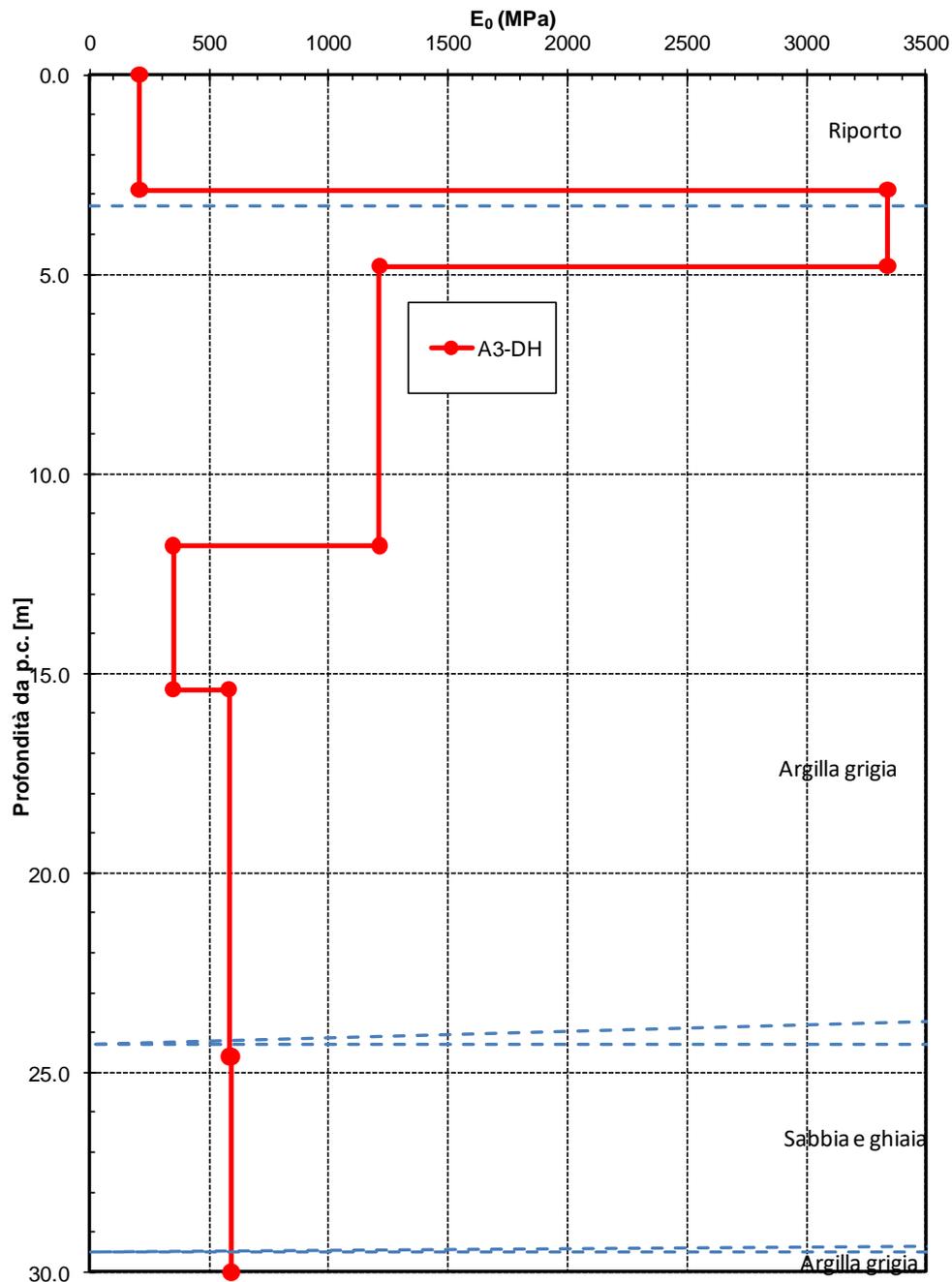


Figura 13: Modulo di deformazione elastico iniziale da prova Down- Hole in foro A3



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
38 di 151

Granulometria unità PiL

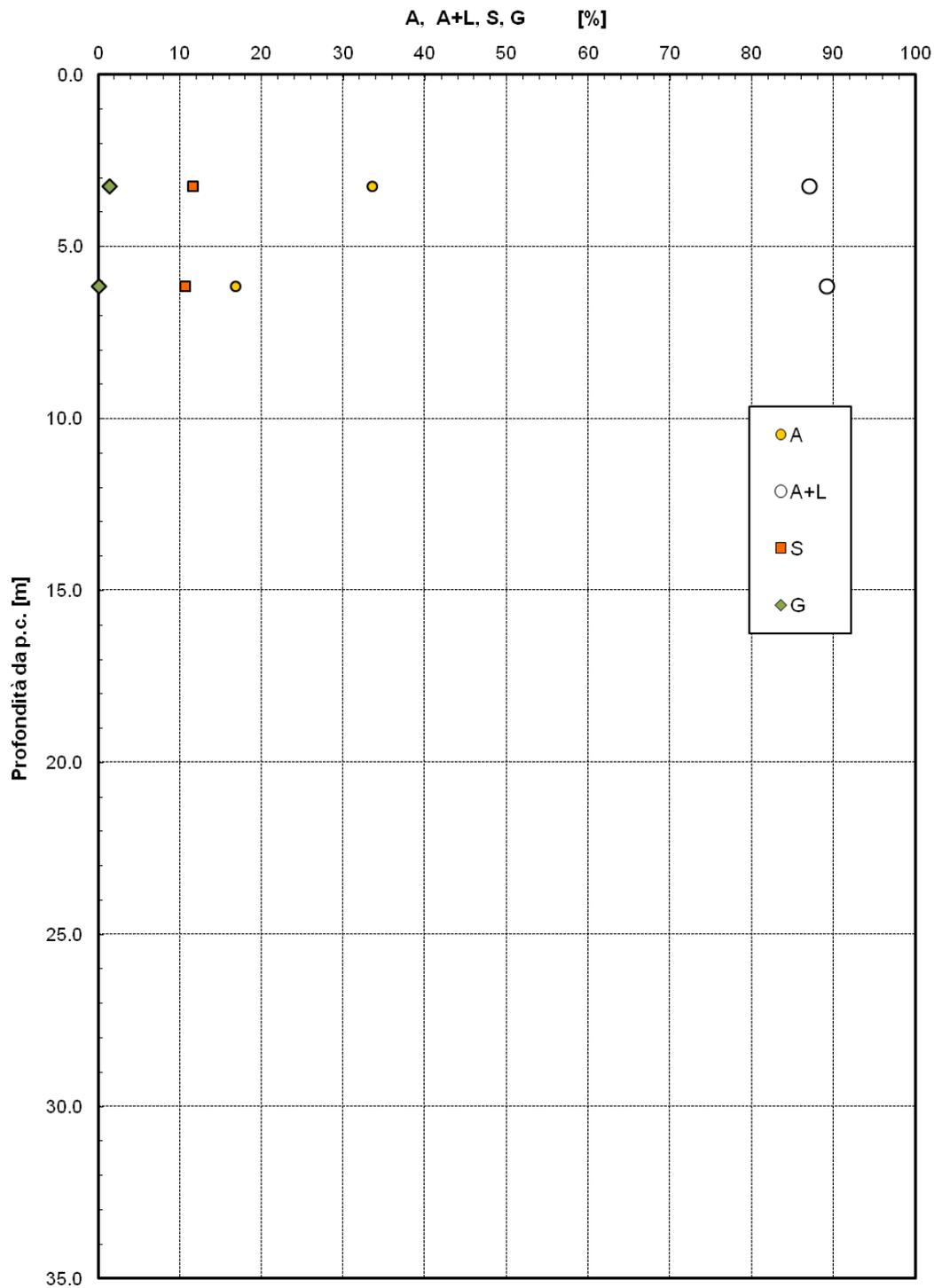


Figura 14: Granulometria unità PiL



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
39 di 151

Granulometria unità Ag

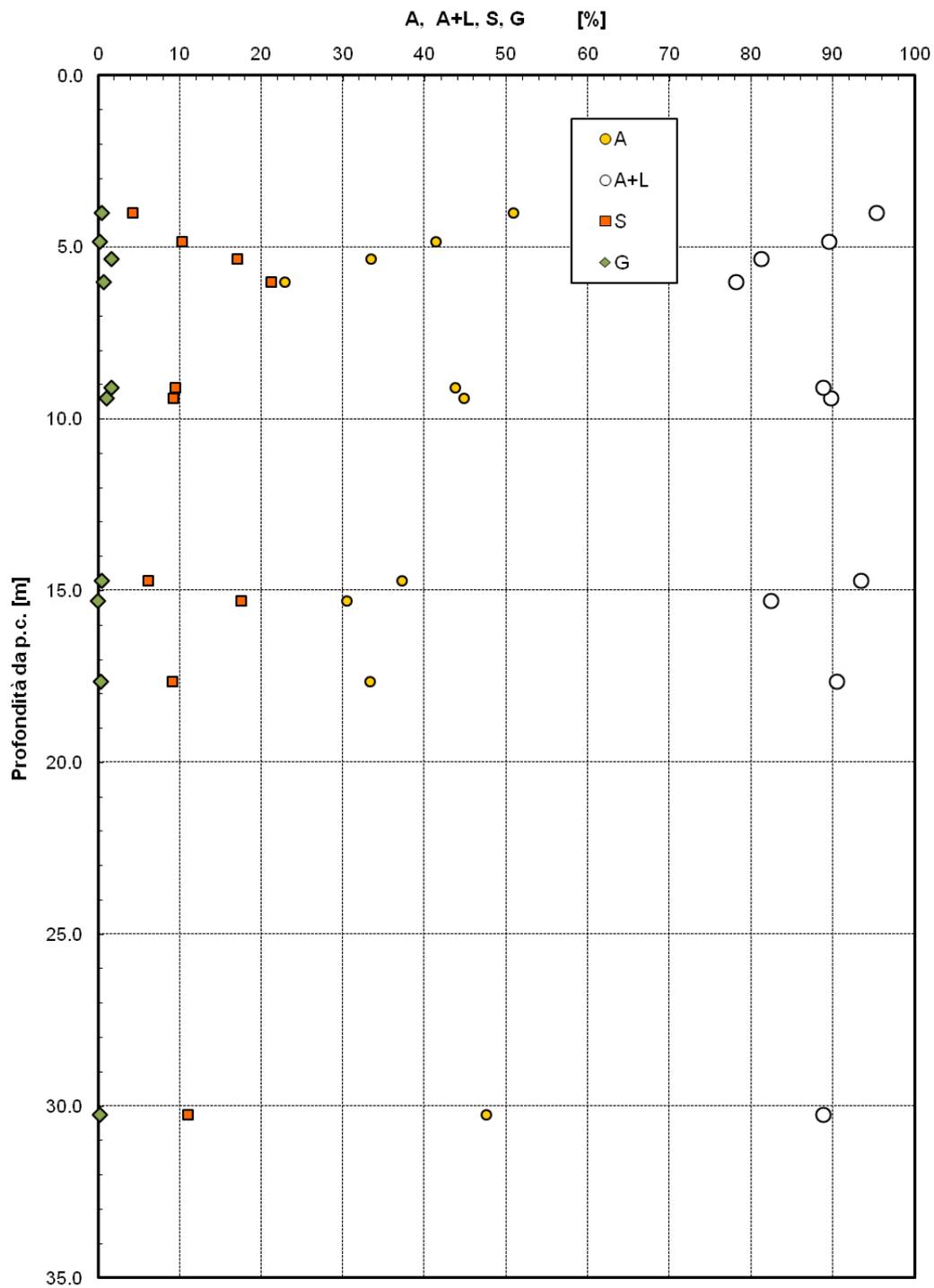


Figura 15: Granulometria unità Ag



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
40 di 151

Peso di volume naturale

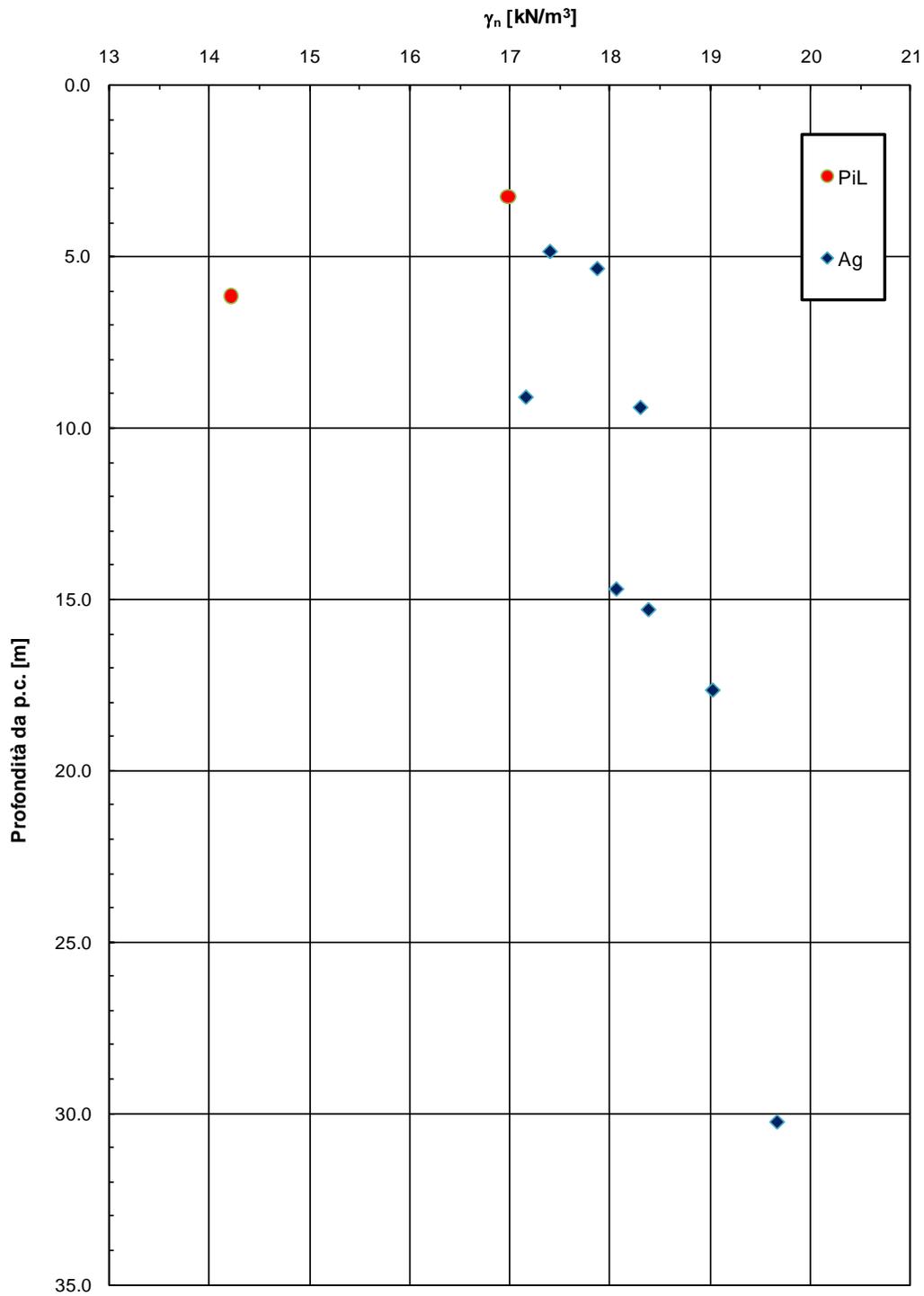


Figura 16: Peso di volume naturale



Limiti di Atterberg e contenuto naturale d'acqua

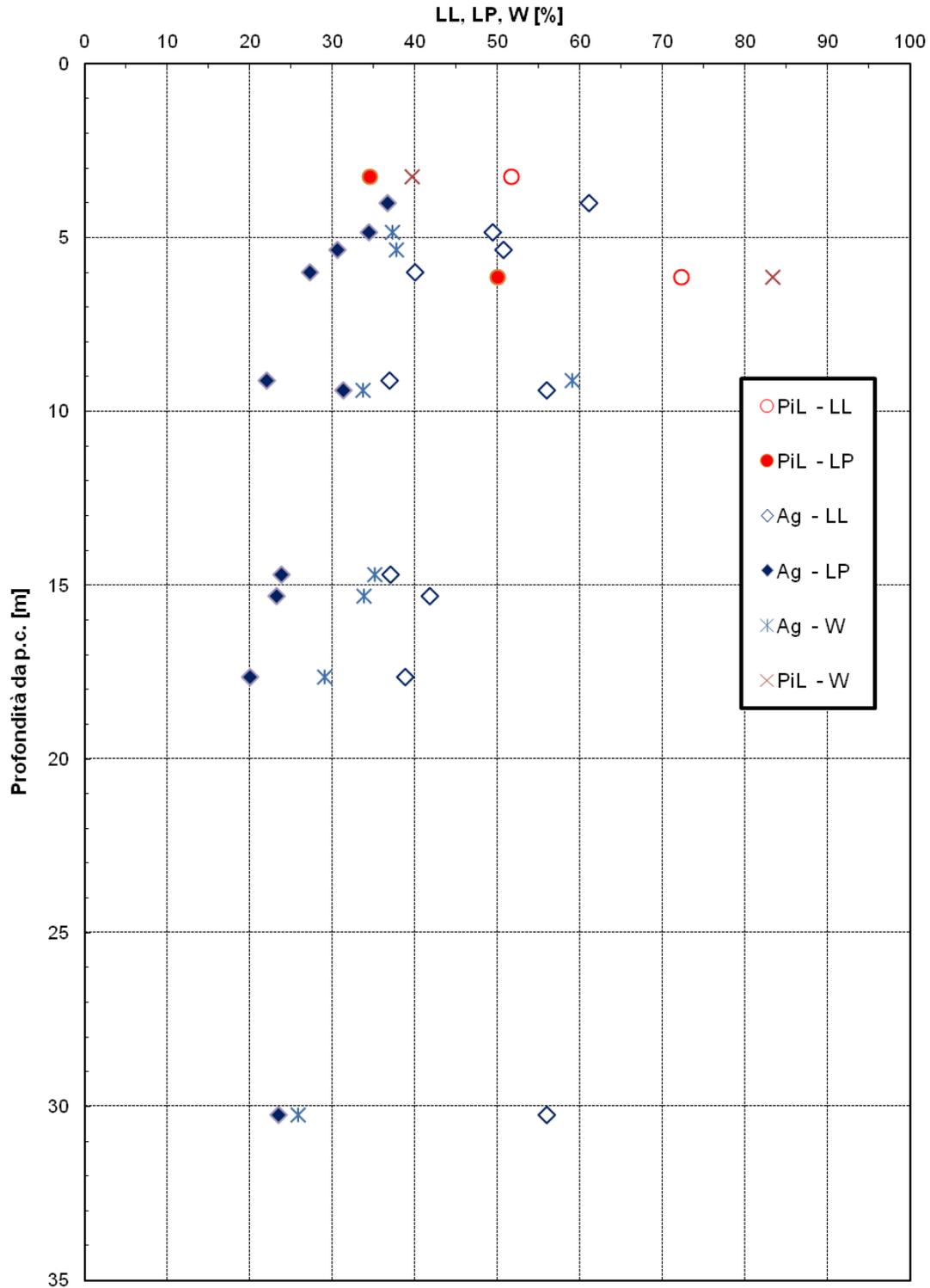


Figura 17: Limiti di Atterberg e contenuto d'acqua naturale



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

42 di 151

Carta di Plasticità di Casagrande

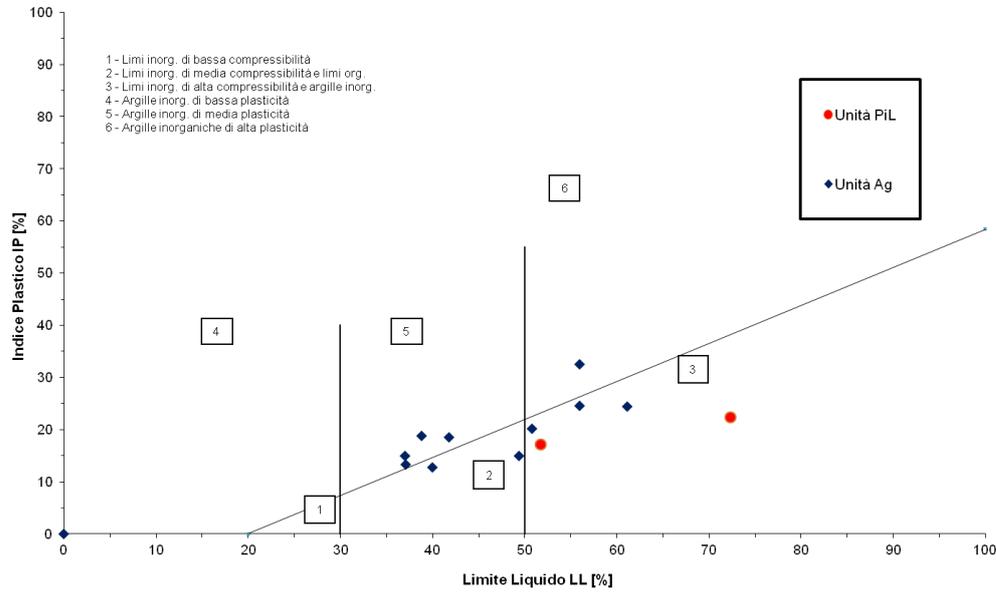


Figura 18: Carta di plasticità di Casagrande

Andamento della coesione e dell'angolo di resistenza al taglio

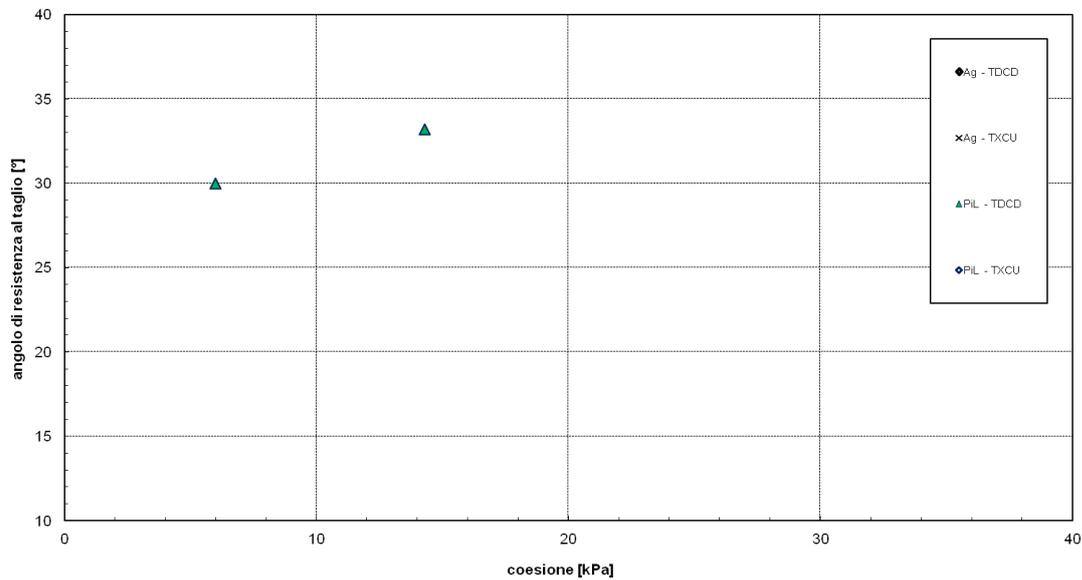


Figura 19: Angolo di resistenza al taglio e coesione drenata



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

43 di 151

Andamento dell'indice plastico

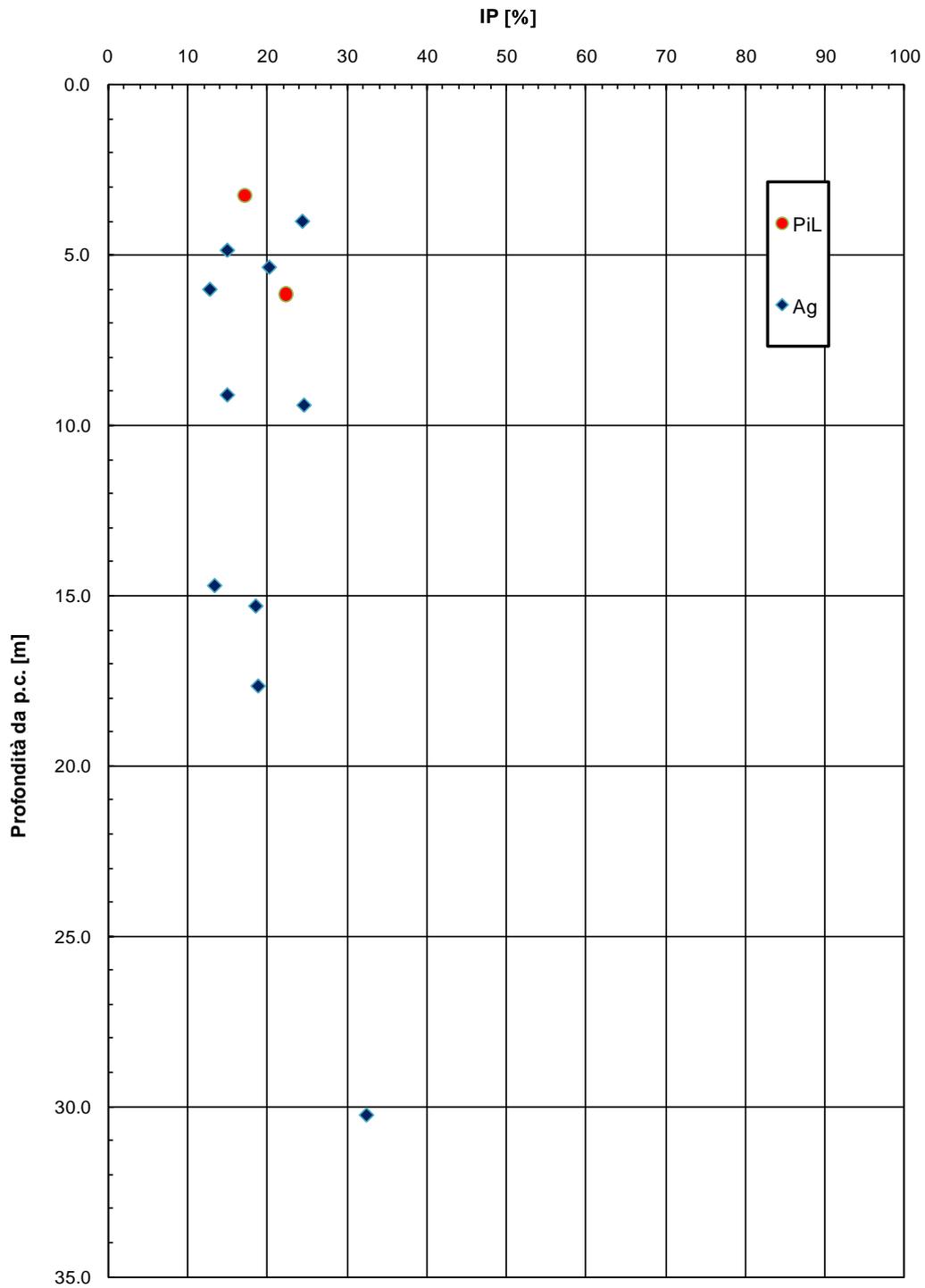


Figura 20: Andamento dell'indice plastico



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

44 di 151

Andamento dell'indice di consistenza

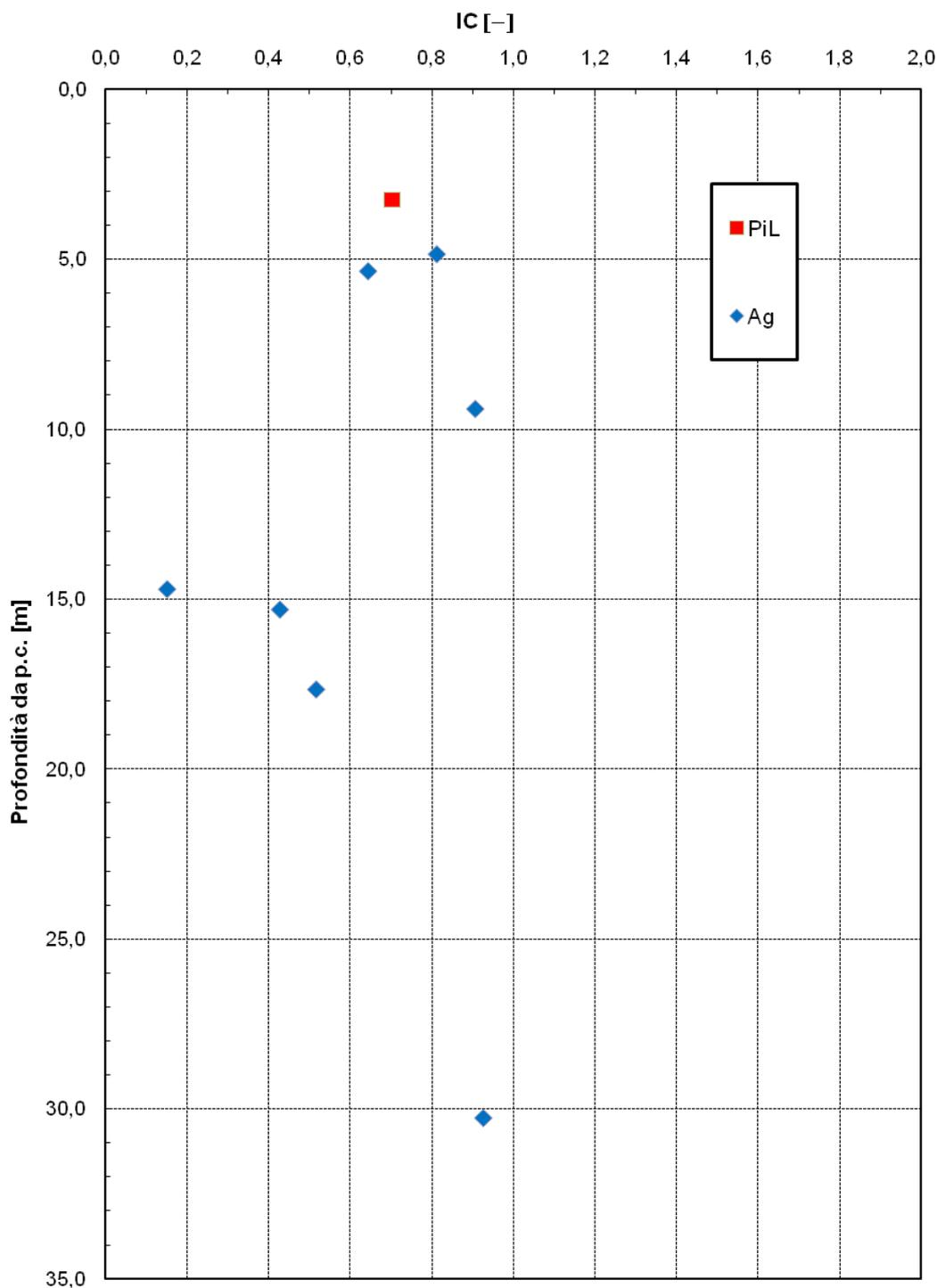


Figura 21: Andamento dell'indice di consistenza



Andamento della resistenza al taglio non drenata

cu [kPa]

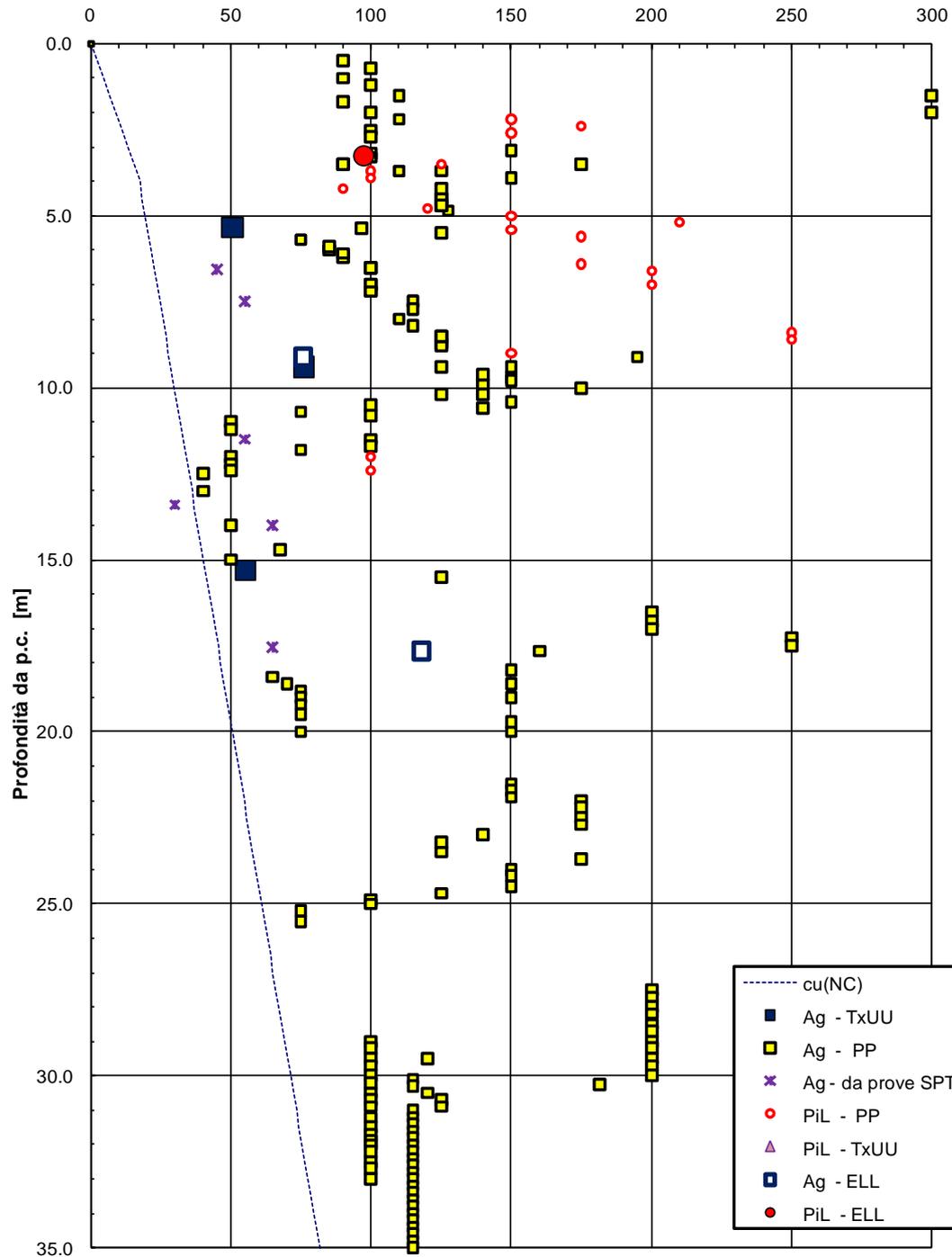


Figura 22: Resistenza al taglio non drenata



Grado di sovraconsolidazione

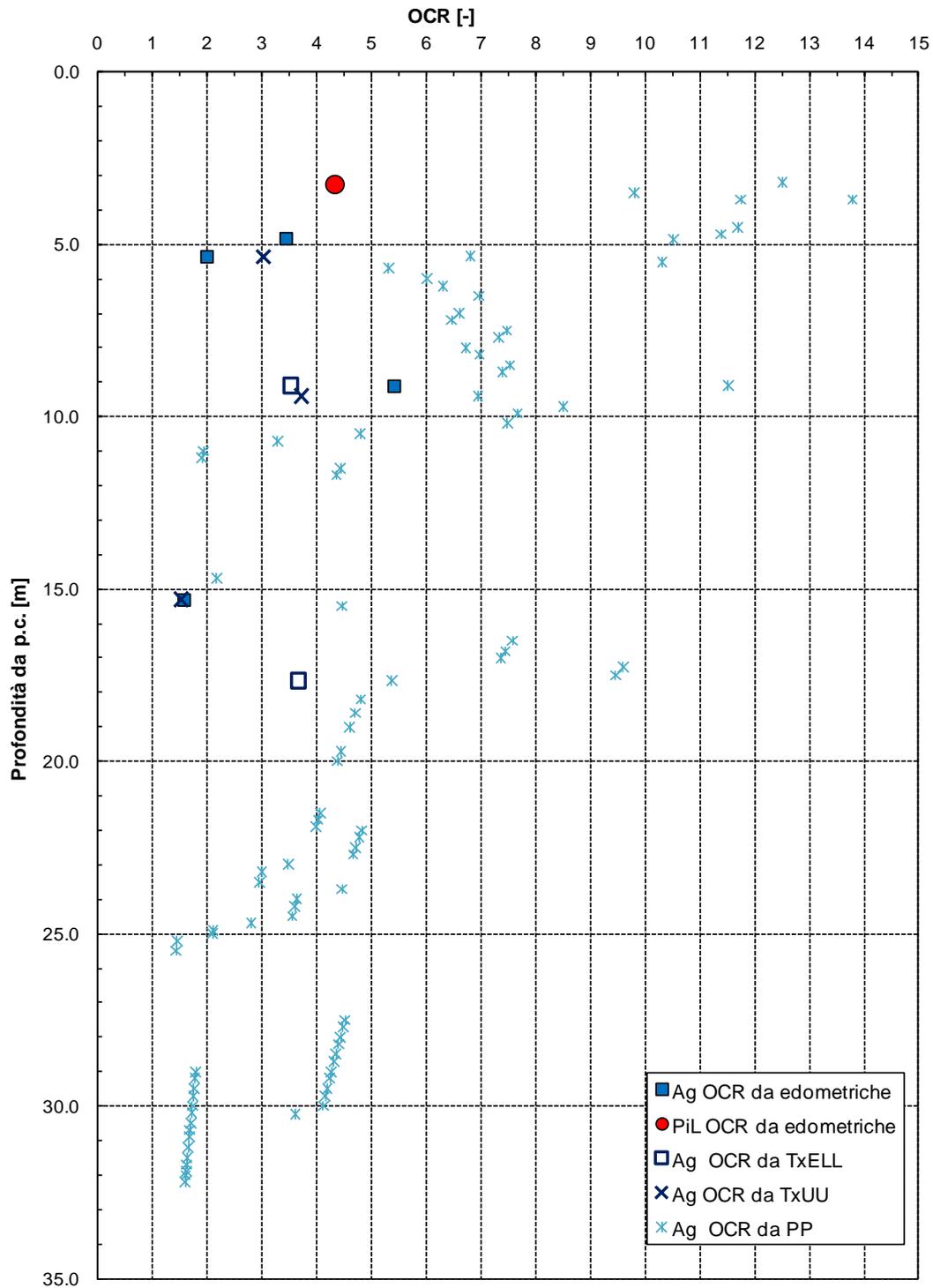


Figura 23: Grado di sovraconsolidazione



Modulo di deformazione confinato

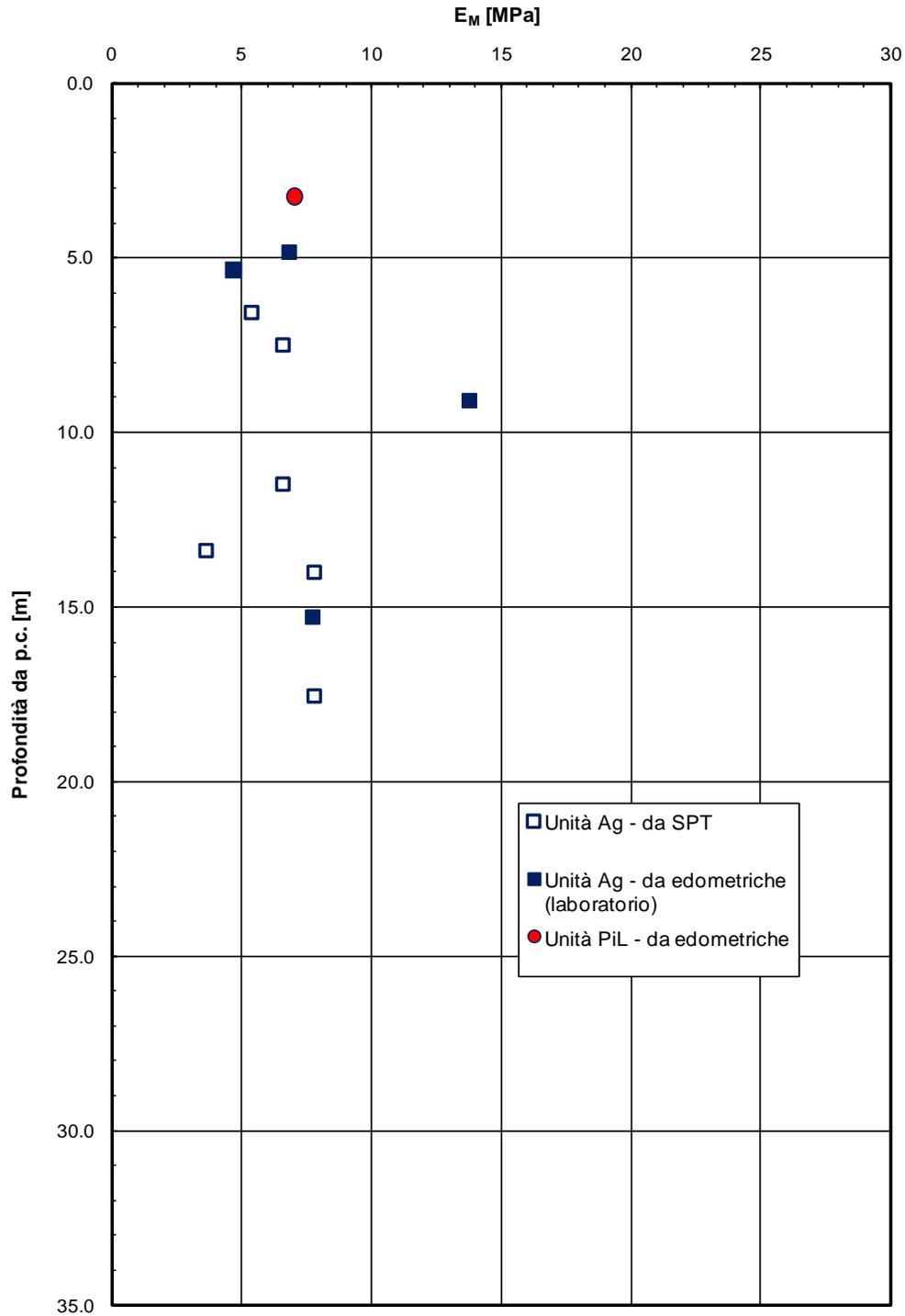


Figura 24: Modulo edometrico



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
48 di 151

Coefficiente di consolidazione verticale

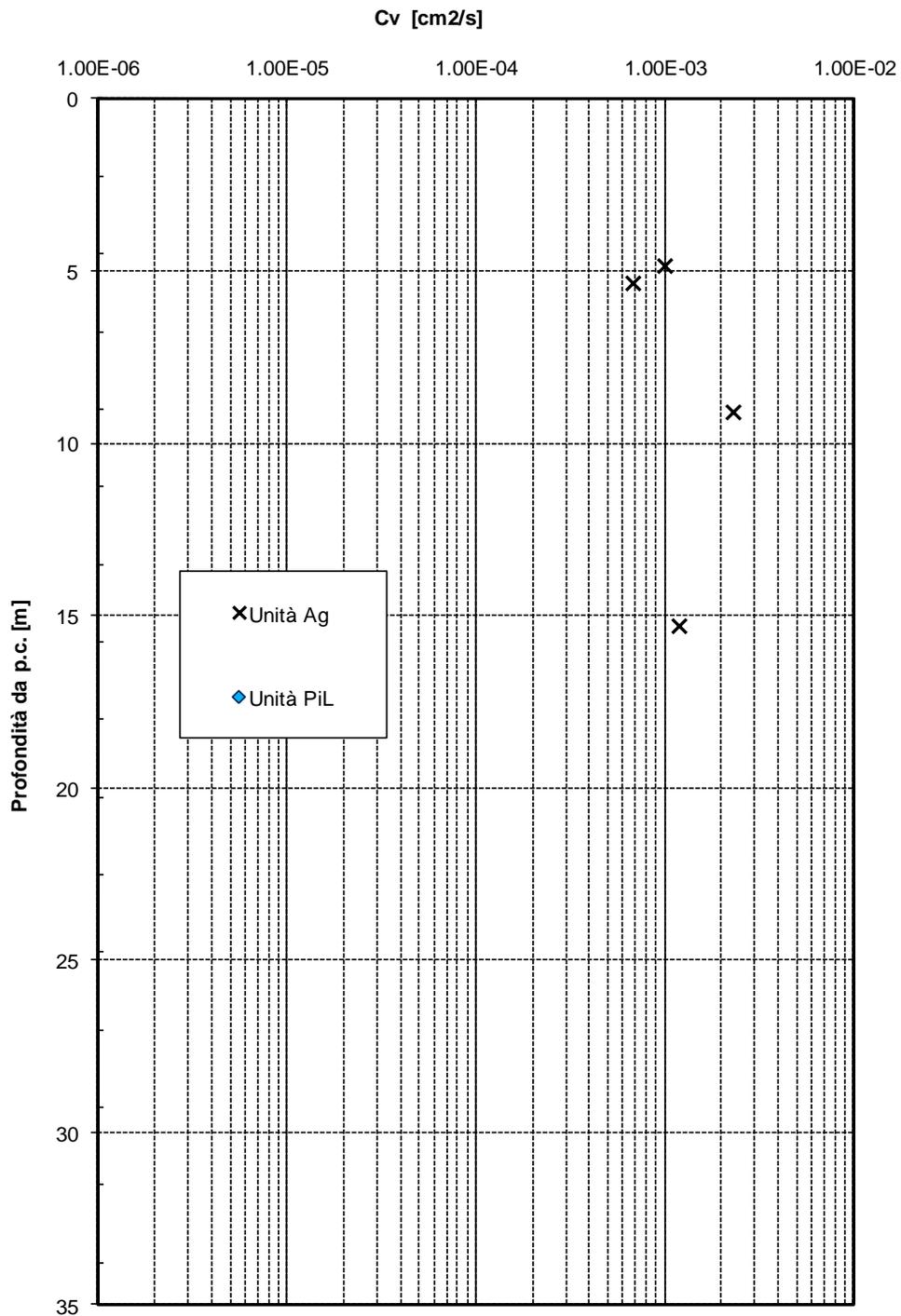


Figura 25: Coefficiente di consolidazione verticale da prova edometrica



5. OPERE D'ARTE MAGGIORI

Le opere d'arte maggiori del presente progetto comprendono un cavalcavia per la rampa nord ed un sottovia per l'intersezione fra il GRA e via Tiburtina. Nel presente documento si riporta la caratterizzazione geotecnica delle opere principali e le curve di capacità portante per le fondazioni profonde previste per le opere maggiori. I dimensionamenti delle fondazioni sono oggetto di apposito documento a cui si rimanda.

Inoltre nelle rampe sud che si sviluppano prevalentemente su rilevati sono presenti alcuni muri. Il dimensionamento di suddetti muri sarà oggetto di apposita relazione; la stratigrafia di riferimento è osservabile dalle sezioni stratigrafiche di progetto (vedasi 0, 0, 0), dove sono mostrate le indagini eseguite e le correlazioni stratigrafiche.

5.1 CAVALCAVIA

Il cavalcavia della rampa nord sarà costituito da 6 pile e due spalle con fondazione su pali trivellati di diametro D=1200 mm.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini:

- Campagna 2011: sondaggi A3 e A2;
- Campagne pregresse: 197L.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreno di riporto (unità R) di natura vulcanica sabbioso limoso poco addensato nei primi 3 m circa. Poi terreni argilloso limosi scuri plastici di natura epivulcanica fino ai 13-16 m circa, ed a seguire le argille limose grigie (unità Ag) da consistenti a molto consistenti con intercalati strati/lenti di sabbia limosa con sparsa sostanza organica. Inoltre tra 23.6 e 29.5 si intercetta uno strato di sabbia ghiaiosa bianca travertinosa (unità SG) ben addensata.

I sondaggi del 2011 rilevano falda a 4.8 m da p.c..

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto per il dimensionamento delle opere relative al cavalcavia.

OPERA:		CAVALCAVIA RAMP A NORD										
STRATIGRAFIA		profondità da p.c. [m]										
Unità geotecnica	da	a	Descrizione litologica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	N _{SPT} [colpi/30cm]	E'o [MPa]	E'op1 [MPa]	E'op2 [MPa]	Eu [MPa]
R	0.0	3.0	Terreno di riporto	18	33	0	-	5	200	E _o /(4÷5)	E _o /10	-
Ag	3.0	15.0	Argilla limosa di natura epivulcanica	18	26	5	50÷70	5-10	350	E _o /(4÷5)	E _o /15	600-cu
Ag	15.0	24.0	Argilla grigia con livelli sabbiosi	19	26	5÷10	50÷100	15-20	350-500	E _o /(4÷5)	E _o /15	(400-500)-cu
SG	24.0	29.0	Sabbie e ghiaie	19	35	0	-	>30	500	E _o /(4÷5)	E _o /10	-
Ag	29.0	35.0	Argilla grigia	19	26	5÷10	100÷120	-	500	E _o /(4÷5)	E _o /10	(400-500)-cu
γ = peso di volume naturale												
ϕ = angolo di resistenza al taglio												
c' = coesione drenata												
cu = resistenza al taglio in condizioni non drenate												
N _{SPT} = numero di colpi da prova SPT												
E _o = modulo di deformazione elastico iniziale												
E'op1 = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie)												
E'op2 = modulo di deformazione elastico operativo per analisi dei cedimenti												
Eu = modulo di deformazione in condizioni non drenate												
Falda = 4.0 m da p.c. locale												

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

50 di 151

5.2 SOTTOVIA

Il sottovia sarà costituito da 1 pila e due spalle di cui una spalla con fondazione su pali trivellati di diametro $D=1200$ mm e la pila e l'altra spalla con fondazione su micropali.

In corrispondenza dell'opera sono state eseguite le seguenti indagini:

- Campagna 2011: sondaggio A1;
- Campagne pregresse: 192L.

Le indagini hanno evidenziato la presenza di terreno di riporto (unità R) di natura vulcanica sabbioso limoso poco addensato nei primi 2 m circa. Poi segue piroclastite a luoghi limosa (unità PiL) a luoghi sabbiosa (unità PiS), talvolta pseudo coerente fino a 7.5 m. Successivamente si intercetta uno strato di sabbia ghiaiosa bianca travertinosa (unità SG) che poggia su argilla limosa grigia (unità Ag) da consistente a molto consistente.

I sondaggi hanno rilevato falda massima a 4 m dal p.c..

Nella seguente tabella si sintetizza la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto per il dimensionamento delle opere relative al sottovia.

OPERA:		SOTTOVIA TIBURTINA										
STRATIGRAFIA		profondità da p.c. [m]										
Unità geotecnica	da	a	Descrizione litologica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	N_{SPT} [colpi/30cm]	E_o [MPa]	E'_{op1} [MPa]	E'_{op2} [MPa]	E_u [MPa]
R/Pi	0.0	7.5	Terreno di riporto, Piroclastite	17	33	0	-	25	150-200	$E_o/(4+5)$	$E_o/10$	-
SG	7.5	15.5	Sabbie e ghiaie	19	35	0	-	30	250	$E_o/(4+5)$	$E_o/11$	-
Ag	15.5	30.0	Argilla grigia	19	26	5÷10	150	-	500	$E_o/(4+5)$	$E_o/12$	400-cu
γ = peso di volume naturale												
ϕ = angolo di resistenza al taglio												
c' = coesione drenata												
c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate												
N_{SPT} = numero di colpi da prova SPT												
E_o = modulo di deformazione elastico iniziale												
E'_{op1} = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie)												
E'_{op2} = modulo di deformazione elastico operativo per analisi dei cedimenti												
E_u = modulo di deformazione in condizioni non drenate												
Falda = 4.0 m da p.c. locale												



6. CAPACITA' PORTANTE DI PALI E MICROPALI

6.1 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE PALI

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie di calcolo ed i valori della capacità portante per i pali D=1200 mm previsti per il sottovia ed il cavalcavia del presente progetto.

6.1.1 Analisi agli stati limite

Le verifiche di capacità portante dei pali vengono svolte secondo la metodologia degli stati limite ultimi, in accordo alla normativa vigente ([NT1]). La verifica della capacità portante dei pali è soddisfatta se:

$$F_{cd} < R_{cd}$$

essendo

$$R_{cd} = R_k / \gamma_R$$

dove:

F_{cd} = carico assiale di compressione di progetto;

R_{cd} = capacità portante di progetto nei confronti dei carichi assiali;

R_k = valore caratteristico della capacità portante limite del palo.

In particolare le verifiche di capacità portante dei pali agli stati limite ultimi (SLU) vengono condotte con riferimento a:

Approccio 2: A1 + M1 + R3

tenendo conto dei coefficienti parziali di riferimento normativo ([NT1]).

La resistenza di progetto a compressione $R_{c,d}$ è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella seguente, relativi alla condizione di pali trivellati. Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ a compressione è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 (vedasi tabella seguente) alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative. Per il caso in esame si considera ξ_3 pari a 1.4.

**Tabella 4 Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche**

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tabella 5 Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali d'indagine

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

6.1.2 Metodologia di calcolo

La portata di progetto di un palo trivellato (eseguito con completa asportazione del terreno) "Qd" può essere espressa dalla seguente relazione:

$$Qd = Qll / F_{SL} + Qbl / F_{SB} - W'_p$$

dove:

Qll = portata laterale limite,

Qbl = portata di base limite,

W'_p = peso efficace del palo (al netto del peso del terreno asportato),

F_{SL} = fattore di sicurezza per la portata laterale.

F_{SB} = fattore di sicurezza per la portata di base.

Portata laterale

La portata laterale limite viene valutata con la seguente relazione:

$$Qll = \pi \cdot D \cdot \sum_i (\tau_i \cdot h_i)$$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

53 di 151

dove:

D = diametro palo,

τ_i = tensione di adesione laterale limite nello strato i-esimo,

h_i = altezza dello strato i-esimo.

Depositi incoerenti

La tensione tangenziale ultima lungo il fusto del palo, in accordo ad esempio a Burland [1973], Reese & O'Neill [1988], Chen & Kulhawy [1994], O'Neill & Hassan [1994], può essere valutata con riferimento alla seguente espressione:

$$\tau_i = \beta \cdot \sigma'_v \leq \tau_{i,max}$$

dove:

σ'_v = tensione verticale efficace litostatica,

β = coefficiente empirico

$\tau_{i,max}$ = valore massimo dell'adesione laterale limite palo-terreno (pari a 100 kPa per terreni coesivi e pari a 150 kPa per terreni incoerenti).

Per i depositi incoerenti in esame si valuta $\beta = k \cdot \tan \phi$, essendo

K = coefficiente di pressione laterale = 0.7 (a compressione);

ϕ = angolo di attrito.

Depositi coesivi

La tensione tangenziale per i terreni coesivi viene valutata con la seguente espressione:

$$\tau_i = \alpha \cdot c_u$$

Dove:

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

α = parametro empirico assunto secondo quanto previsto dalle raccomandazioni AGI:

$\alpha = 0.9$ per $c_u \leq 25$ kPa;

$\alpha = 0.8$ per $25 < c_u \leq 50$ kPa;

$\alpha = 0.6$ per $50 < c_u \leq 75$ kPa;

$\alpha = 0.4$ per $c_u > 75$ kPa.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

54 di 151

Portata di base

Per la valutazione della portata di base limite sono state utilizzate le seguenti relazioni:

$$Q_{bl} = A_p \cdot q_{bl}$$

dove:

A_p = area della base del palo,

q_{bl} = portata limite specifica di base.

Depositi incoerenti

Nel caso dei terreni incoerenti in esame si opta per la seguente relazione:

$$q_{bl} = 67 \cdot N_{SPT} \text{ kPa}$$

Depositi coesivi

La portata di base limite nei terreni coesivi viene valutata con la seguente relazione:

$$q_b = 9 \cdot c_u \text{ [kPa]}$$

dove:

c_u = resistenza al taglio non drenata [kPa].

Nel caso di terreni stratificati, costituiti da alternanze di strati di limi e argille e di sabbie e ghiaie, i criteri di valutazione delle portate laterali limite rimangono analoghi a quelli descritti precedentemente. In accordo a quanto discusso in Meyerhof (1976) la portata di base negli strati sabbioso-ghiaiosi andrà abbattuta rispetto a quella caratteristica dello strato supposto omogeneo. In pratica nel caso di terreno stratificato, la mobilitazione dell'intera resistenza di base disponibile è subordinato alla condizione che il palo penetri nello strato portante per almeno 3 diametri; viceversa mano a mano che la base del palo si avvicina ad uno strato inferiore di minore resistenza, la resistenza comincia a diminuire fino ad uguagliare al confine il valore che compete alla rottura dello strato più debole.

Il carico di progetto sul palo dovrà essere compatibile con le caratteristiche resistenti della sezione del palo.

6.2 METODOLOGIE DI CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI DI FONDAZIONE

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie seguite per il calcolo della portata laterale dei micropali di fondazione previsti per la pila ed una spalla del sottovia del presente progetto.

Il diametro di perforazione (diametro nominale) è di 300 mm, con testa micropalo a circa 1.5 m dal p.c. locale.



La fondazione dei micropali sarà eseguita con iniezione a gravità a bassa pressione dal fondo (IGU).

In considerazione delle caratteristiche tecnologiche delle iniezioni e della natura dei terreni, si valuta una tensione di adesione laterale limite fondazione-terreno riferita al diametro nominale di perforazione pari a:

$$\alpha\tau_{lim} = 120 \text{ kPa} \quad 0.0 \text{ m} \leq z \leq 7.5 \text{ m} - \text{Strato 1 (unità R/Pi)}$$

$$\alpha\tau_{lim} = 150 \text{ kPa} \quad 7.5 \text{ m} < z \leq 15.5 \text{ m} - \text{Strato 2 (unità SG)}$$

$$\alpha\tau_{lim} = 120 \text{ kPa} \quad z > 15.5 \text{ m} - \text{Strato 3 (unità Ag)}$$

dove z = profondità da piano campagna

Tale valore della tensione di aderenza limite è in accordo a quanto suggerito dalla teoria di Bustamante M. Doix B. (1985) per il caso in esame.

La portata di progetto del micropalo viene valutata in base alla seguente relazione, trascurando la portata di base:

$$N_d = (\pi \cdot D_p \cdot \alpha\tau_{lim} \cdot L_u) / FS$$

dove:

D_p = diametro nominale di perforazione = 200 mm,

$\alpha\tau_{lim}$ = tensione laterale limite, valutata come sopra specificato.

L_u = lunghezza utile tratto di micropalo su cui si sviluppa la portanza; cautelativamente si trascura la portanza nei primi 2 m di micropalo, quindi la lunghezza utile del micropalo è pari a $L_u = L_p - 2.0 \text{ m}$ (L_p = lunghezza del micropalo).

FS = fattore di sicurezza indicato da normativa vigente per ottenere dalla portata laterale limite la portata di progetto. La resistenza di progetto a compressione R_d è calcolata applicando al valore caratteristico della resistenza R_k i coefficienti parziali γ_R relativi alla condizione di pali trivellati (resistenza laterale in compressione $\gamma_s = 1.15$). Il valore caratteristico della resistenza R_k è ottenuto applicando i fattori di correlazione ξ_3 e ξ_4 alle resistenze di calcolo R_{cal} ; tali fattori sono funzione del numero di verticali d'indagine rappresentative. Per il caso in esame si considera ξ_3 pari a 1.4, relativo a 10 verticali d'indagine. Quindi per portata laterale $FS = 1.61$.

6.3 CAPACITÀ PORTANTE PALI CAVALCAVIA

Per le pile e le spalle del cavalcavia si prevedono pali $D=1200 \text{ mm}$; nel presente paragrafo si riportano i valori della capacità portante, valutati con il programma di calcolo PAL (G. Guiducci) con le metodologie precedentemente espresse. Gli elaborati numerici di calcolo completi restituiti vengono riportati in allegato 1, al quale si rimanda per maggiori dettagli.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

56 di 151

I calcoli sono stati sviluppati con riferimento alla stratigrafia e ai parametri geotecnici di progetto riportati nella seguente tabella, considerando quota testa palo a 2.0 m dal p.c. locale.

La falda è stata considerata ad una profondità di 4.0 m da piano campagna.

Tabella 6– Stratigrafia e parametri geotecnici Cavalcavia

OPERA:	CAVALCAVIA TIBURTINA							
STRATIGRAFIA	profondità da p.c. [m]							
Unità geotecnica	da	a	Descrizione litologica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	cu [kPa]	N _{SPT} [colpi/30cm]
R	0.0	3.0	Terreno di riporto	17	33	0	-	5
Ag	3.0	24.0	Argilla grigia	18	26	5÷10	50÷100	-
SG	24.0	29.0	Sabbie e ghiaie	19	35	0	-	40
Ag	29.0	40.0	Argilla grigia	19	26	5÷10	100÷120	-

Le curve di capacità portante dei pali aventi diametro D = 1200 mm sono riportate per l'Approccio 2 - A1+M1+R3 in Figura 26. Nella Tabella 7 sono riportati i valori numerici della portata di progetto per lo stato limite analizzato.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

57 di 151

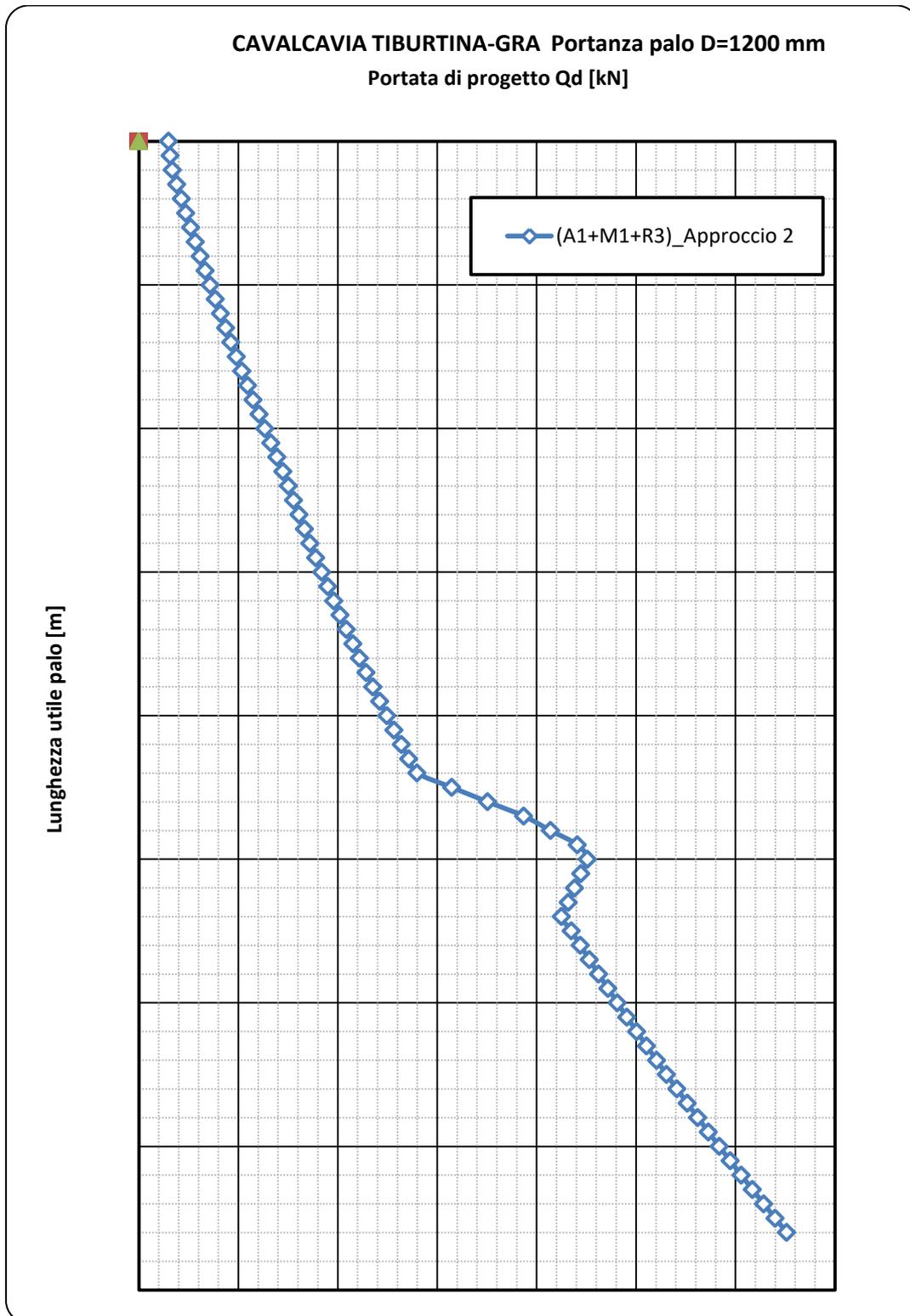


Figura 26: Curva di capacità portante cavalcavia Tiburtina

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

58 di 151

Tabella 7- Capacità portante cavalcavia Approccio 2 A1+M1+R3

(A1+M1+R3)_Approccio 2					
Lp	QII	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0	565	0	565	299
0.5	33	565	3	595	317
1	74	565	6	634	339
1.5	129	588	8	709	383
2	188	610	11	787	428
2.5	248	633	14	866	474
3	309	655	17	947	522
3.5	371	678	20	1029	569
4	435	700	23	1113	618
4.5	501	722	25	1198	668
5	567	745	28	1284	718
5.5	635	767	31	1372	770
6	705	790	34	1460	822
6.5	775	812	37	1551	874
7	847	834	40	1642	928
7.5	921	856	42	1735	983
8	996	879	45	1829	1038
8.5	1072	901	48	1925	1094
9	1149	923	51	2021	1151
9.5	1228	946	54	2120	1209
10	1308	968	57	2219	1268
10.5	1389	990	59	2320	1328
11	1472	1013	62	2423	1388
11.5	1556	1035	65	2526	1449
12	1630	1057	68	2619	1504
12.5	1701	1079	71	2710	1557
13	1774	1102	74	2802	1611
13.5	1849	1124	76	2897	1667
14	1926	1146	79	2993	1723
14.5	2004	1169	82	3091	1781
15	2085	1191	85	3191	1840
15.5	2167	1213	88	3293	1900
16	2252	1236	90	3397	1962
16.5	2338	1258	93	3502	2024
17	2426	1280	96	3610	2088
17.5	2516	1302	99	3720	2153
18	2608	1325	102	3831	2219
18.5	2702	1347	105	3944	2286
19	2797	1369	107	4059	2355
19.5	2895	1392	110	4176	2424
20	2994	1414	113	4295	2495
20.5	3096	1436	116	4416	2567
21	3199	1458	119	4539	2640
21.5	3304	1481	122	4663	2714



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

59 di 151

(A1+M1+R3)_Approccio 2					
Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
-----	-----	-----	-----	-----	-----
22	3424	1503	124	4803	2798
22	3424	1503	124	4803	2798
22.5	3625	1935	127	5432	3148
23	3842	2366	130	6079	3508
23.5	4064	2798	133	6729	3872
24	4291	3044	136	7199	4140
24.5	4521	3291	139	7673	4411
25	4755	3214	141	7828	4513
25.5	4994	2813	144	7663	4446
26	5237	2412	147	7502	4382
26.5	5484	2011	150	7345	4320
27	5719	1611	153	7177	4252
27.5	5865	1631	156	7340	4350
28	5997	1651	158	7489	4440
28.5	6132	1670	161	7641	4531
29	6268	1690	164	7795	4624
29.5	6407	1710	167	7950	4718
30	6547	1730	170	8108	4813
30.5	6690	1750	172	8268	4909
31	6835	1770	175	8431	5007
31.5	6983	1790	178	8595	5106
32	7132	1810	181	8761	5207
32.5	7283	1830	184	8930	5308
33	7437	1850	187	9101	5412
33.5	7592	1870	189	9273	5516
34	7750	1890	192	9448	5622
34.5	7910	1910	195	9625	5729
35	8072	1930	198	9805	5837
35.5	8236	1950	201	9986	5947
36	8402	1970	204	10169	6058
36.5	8571	1990	206	10355	6170
37	8741	2010	209	10542	6284
37.5	8914	2030	212	10732	6399
38	9088	2050	215	10924	6515

Lp = Lunghezza utile del palo

Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
60 di 151

6.4 CAPACITÀ PORTANTE PALI SOTTOVIA

Una spalla del sottovia avrà fondazione su pali D=1200 mm, disposti a quinconce, che costituiscono anche la paratia di sostegno del rilevato a tergo. Nel presente paragrafo si riportano i valori della capacità portante, valutati con il programma di calcolo PAL (G. Guiducci) con le metodologie precedentemente esposte. Gli elaborati numerici di calcolo completi restituiti vengono riportati in allegato 1, al quale si rimanda per maggiori dettagli.

I calcoli sono stati sviluppati con riferimento alla stratigrafia e ai parametri geotecnici di progetto riportati nella seguente tabella, considerando quota testa palo a p.c.. La lunghezza definitiva di palo sarà data quindi dalla lunghezza utile di palo più il tratto di palo da intradosso cordolo a piano campagna. La lunghezza di progetto di palo dovrà inoltre essere tale da soddisfare le verifiche SLU GEO relativamente all'analisi paratia.

Poiché si tratta di pali disposti a quinconce su due file con interasse longitudinale di 1 m, la portata di un palo viene valutata considerando come area di base quella di un palo e come superficie laterale quella relativa a metà perimetro del palo D=1200 mm.

La falda è stata considerata ad una profondità di 4.0 m da piano campagna.

Tabella 8– Stratigrafia e parametri geotecnici Sottovia Tiburtina

OPERA:		SOTTOVIA TIBURTINA								
STRATIGRAFIA		profondità da p.c. [m]								
Unità geotecnica	da	a	Descrizione litologica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	N_{SPT} [colpi/30cm]	$E'_{op1}=E_0/5$ [MPa]	
R/Pi	0.0	7.5	Terreno di riporto, Piroclastite	17	33	0	-	25	35	
SG	7.5	15.5	Sabbie e ghiaie	19	35	0	-	30	50	
Ag	15.5	30.0	Argilla grigia	19	26	5÷10	150	-	100	
γ = peso di volume naturale										
ϕ = angolo di resistenza al taglio										
c' = coesione drenata										
c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate										
N_{SPT} = numero di colpi da prova SPT										
E'_{op1} = modulo di deformazione elastico operativo per analisi di opere di sostegno (paratie)										
Falda = 4.0 m da p.c. locale										

La stratigrafia descritta è considerata a partire dal p.c. locale, circa 23.5 – 24.0 m s.l.m. Per il terreno di riporto del rilevato a tergo delle spalle si possono considerare i seguenti parametri di progetto:

$$c' = 0 \text{ kPa};$$

$$\phi' = 35^\circ;$$

$$E' = E_0/5 = 30 \text{ MPa}$$

Le curve di capacità portante dei pali aventi diametro D = 1200 mm sono riportate per l'Approccio 2 - A1+M1+R3 in Figura 27. Nella Tabella 9 sono riportati i valori numerici della portata di progetto per lo stato limite analizzato.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
61 di 151

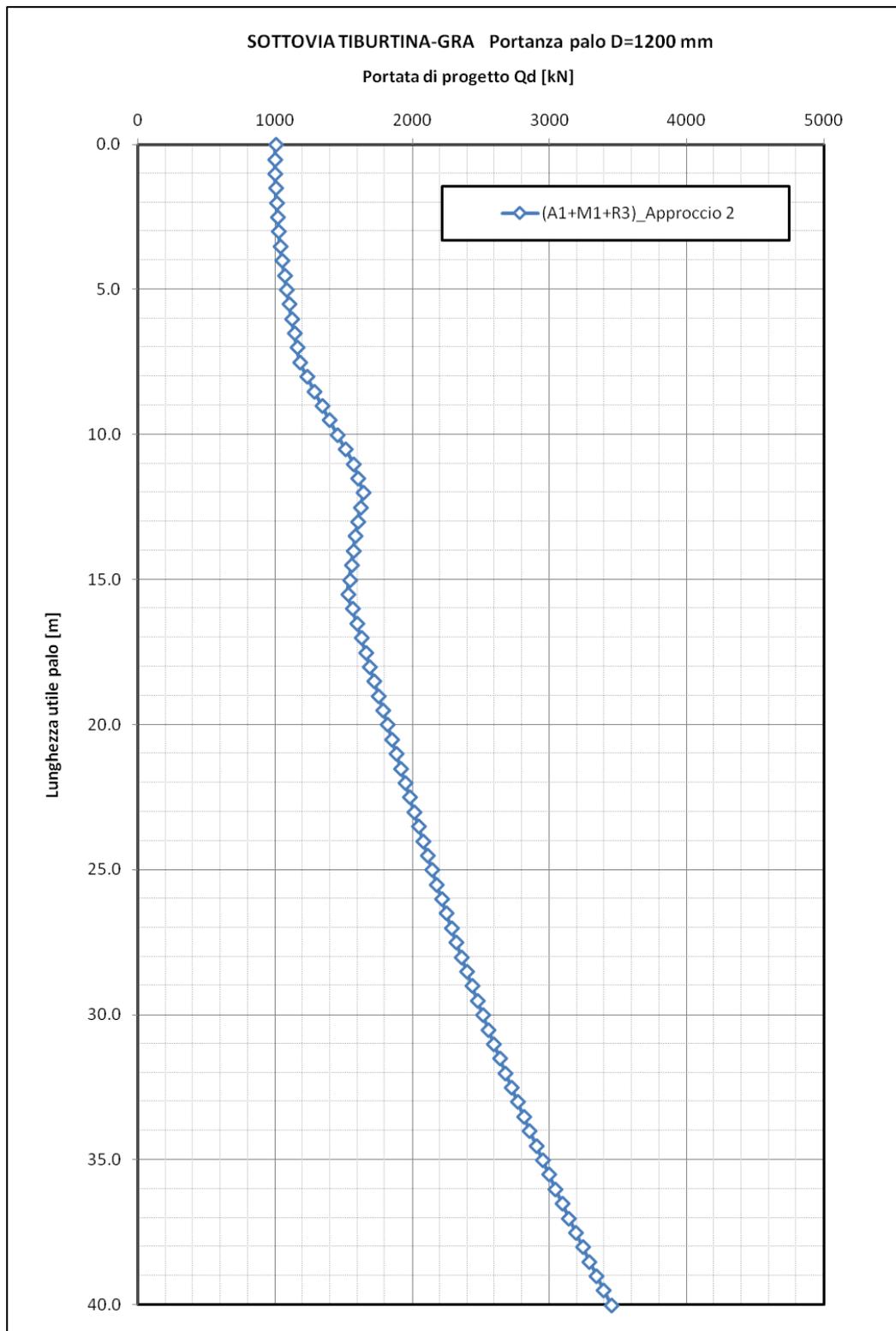


Figura 27: Curva di capacità portante sottovia Tiburtina

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

62 di 151

Tabella 9_ Capacità portante sottovia_ Approccio 2 A1+M1+R3

(A1+M1+R3)_ Approccio 2					
Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0	1893	0	1893	1001
0.5	2	1893	3	1892	1000
1	7	1893	6	1894	1000
1.5	16	1893	8	1901	1003
2	29	1893	11	1911	1008
2.5	45	1893	14	1924	1016
3	65	1893	17	1941	1025
3.5	89	1893	20	1962	1037
4	116	1893	23	1986	1051
4.5	146	1893	25	2013	1067
5	177	1893	28	2042	1083
5.5	210	1893	31	2072	1101
6	244	1893	34	2103	1119
6.5	280	1893	37	2136	1139
7	317	1893	40	2171	1159
7.5	357	1893	42	2207	1181
8	400	1945	45	2300	1232
8.5	446	1998	48	2395	1286
9	493	2050	51	2493	1340
9.5	543	2103	54	2592	1396
10	595	2155	57	2694	1453
10.5	649	2208	59	2798	1512
11	705	2260	62	2903	1572
11.5	764	2260	65	2959	1605
12	824	2260	68	3016	1640
12.5	886	2155	71	2971	1620
13	951	2050	73	2927	1602
13.5	1017	1945	76	2886	1585
14	1086	1840	79	2847	1569
14.5	1156	1735	82	2810	1554
15	1229	1630	85	2774	1541
15.5	1301	1526	88	2739	1528
16	1360	1526	90	2795	1561
16.5	1416	1526	93	2849	1594
17	1473	1526	96	2902	1626
17.5	1529	1526	99	2956	1658
18	1586	1526	102	3009	1690
18.5	1642	1526	105	3063	1722
19	1698	1526	107	3116	1755
19.5	1755	1526	110	3170	1787
20	1811	1526	113	3224	1819
20.5	1868	1526	116	3277	1851

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

63 di 151

(A1+M1+R3)_Approccio 2					
Lp	Qll	Qbl	Wp	Qu	Qd
m	kN	kN	kN	kN	kN
-----	-----	-----	-----	-----	-----
21	1924	1526	119	3331	1883
21.5	1980	1526	121	3384	1916
22	2037	1526	124	3438	1948
22.5	2093	1526	127	3492	1980
23	2150	1526	130	3545	2012
23.5	2206	1526	133	3599	2045
24	2262	1526	136	3652	2077
24.5	2320	1526	138	3707	2109
25	2378	1526	141	3762	2143
25.5	2437	1526	144	3818	2177
26	2497	1526	147	3876	2211
26.5	2559	1526	150	3935	2247
27	2621	1526	153	3994	2283
27.5	2685	1526	155	4055	2319
28	2749	1526	158	4117	2357
28.5	2815	1526	161	4179	2395
29	2882	1526	164	4243	2433
29.5	2949	1526	167	4308	2472
30	3018	1526	170	4374	2512
30.5	3088	1526	172	4441	2553
31	3159	1526	175	4509	2594
31.5	3231	1526	178	4578	2636
32	3304	1526	181	4649	2678
32.5	3378	1526	184	4720	2722
33	3453	1526	186	4792	2766
33.5	3529	1526	189	4866	2810
34	3607	1526	192	4940	2855
34.5	3685	1526	195	5015	2901
35	3764	1526	198	5092	2947
35.5	3845	1526	201	5170	2995
36	3926	1526	203	5248	3042
36.5	4009	1526	206	5328	3091
37	4092	1526	209	5409	3140
37.5	4177	1526	212	5491	3190
38	4263	1526	215	5574	3240
38.5	4349	1526	218	5657	3291
39	4437	1526	220	5742	3343
39.5	4526	1526	223	5829	3395
40	4616	1526	226	5916	3448

Lp = Lunghezza utile del palo

Qll = Portata laterale limite

Qbl = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Qll/FS,l + Qbl/FS,b - Wp$



6.5 CAPACITÀ PORTANTE MICROPALI SOTTOVIA

Per la pila ed una spalla delle fondazioni del sottovia si prevedono micropali con diametro di perforazione 300 mm, testa micropalo a circa 1.5 m dal p.c. locale. La fondazione dei micropali sarà eseguita con iniezione a gravità a bassa pressione dal fondo (IGU). In accordo alle metodologie di calcolo indicate al paragrafo 6.2, ed alla stratigrafia esposta al precedente paragrafo, si valutano i seguenti valori di portata di progetto per i micropali.

Tabella 10 - Capacità portante micropali

Lunghezza micropalo Lp (m)	Lunghezza utile Lu (m)		Portata limite (kN)	Portata di progetto (FS=1.61) (kN)
35.0	33.0	4.0 m strato 1; 8.0 m strato 2; 21.0 m strato 3	3937	2445
30.0	28.0	4.0 m strato 1; 8.0 m strato 2; 16.0 m strato 3	3375	2097
25.0	23.0	4.0 m strato 1; 8.0 m strato 2; 11.0 m strato 3	2812	1747
20.0	18.0	4.0 m strato 1; 8.0 m strato 2; 6.0 m strato 3	2250	1378
15.0	13.0	4.0 m strato 1; 8.0 m strato 2; 1.0 m strato 3	1687	1003
10.0	8.0	4.0 m strato 1; 4.0 m strato 2;	1014	630



7. COMPORTAMENTO DEI PALI AI CARICHI ORIZZONTALI

7.1 MODULO DI REAZIONE ORIZZONTALE DEL TERRENO

La valutazione dei parametri necessari ad individuare il comportamento di un palo libero di ruotare in testa, soggetto a carico orizzontale e momento flettente applicati in testa, viene effettuata attraverso la risoluzione del problema di un palo infisso in un semispazio elastico sollecitato da una forza concentrata H_t agente in sommità del palo ed una coppia M_t ; tale problema è governato dalla risoluzione dell'equazione differenziale:

$$E_p J \frac{d^4 y}{dx^4} + Q \frac{d^2 y}{dx^2} = p$$

con:

$p = -E_s y$ = reazione orizzontale del terreno per unità di lunghezza;

E_s = modulo di reazione orizzontale del terreno (modulo secante della curva di reazione del terreno p - y);

E_p = modulo elastico del palo;

J = modulo di inerzia della sezione del palo;

Y = spostamento orizzontale del palo alla quota x lungo il fusto del palo;

Q = carico assiale agente sul palo;

Per pali caricati lateralmente di rigidità flessionale $E_p J$ costante con la profondità si può fare riferimento alle soluzioni in forma chiusa individuate da Matlock-Reese [1960], che si basa sul noto modello di suolo alla Winkler (elastico-lineare), caratterizzato da un modulo di reazione orizzontale del terreno (E_s) definito come il rapporto fra la reazione del terreno per unità di lunghezza del palo (p) ed il corrispondente spostamento orizzontale (y):

$$E_s = p / y \quad [FL^{-2}]$$

Si osservi che, definito K_w [FL^{-3}] il coefficiente di sottofondo di Winkler, per un palo di diametro D si ha:

$$E_s = K_w \cdot D \quad [FL^{-2}]$$

L'andamento del modulo di reazione orizzontale con la profondità è funzione principalmente del tipo di terreno.

I moduli di reazione orizzontale alla Matlock & Reese (1960) per caratterizzare la reazione orizzontale dei pali di fondazione possono essere valutati con le seguenti relazioni:

Per i terreni coesivi si assume una legge del tipo:

$$E_s = \xi \cdot c_u$$

dove:



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
66 di 151

c_u = resistenza al taglio in condizioni non drenate

ξ = coefficiente adimensionale pari a 350

Per i terreni incoerenti si assume in genere invece una legge di variazione lineare caratterizzata dai seguenti parametri:

$$E_s = E_{s,0} + kh \cdot z$$

dove:

$E_{s,0}$ = valore del modulo di reazione a testa palo;

kh = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della densità relativa (D_r);

z = profondità a partire dal p.c. locale.

Per il caso in esame si considera cautelativamente:

$$kh = 8000 \quad [\text{kN/m}^3] \quad \text{per l'unità R}$$

$$kh = 10000 \quad [\text{kN/m}^3] \quad \text{per l'unità SG}$$

Per i micropali ($D_p = 300$ mm) di fondazione della pila e della spalla del sottovia si può considerare il seguente modulo di reazione orizzontale del terreno lungo il fusto del micropalo:

$$E_s = 8000 \div 60000 \text{ kN/m}^2 \quad \text{da testa palo (p.c.) a 7.5 m da p.c. (andamento lineare)}$$

$$E_s = 75000 \text{ kN/m}^2 \quad \text{da 7.5 m alla massima profondità indagata (costante).}$$

7.2 ANALISI SEMPLIFICATA

Vengono valutate le sollecitazioni derivanti da una schematizzazione del problema a palo singolo con testa impedita di ruotare (rigidezza assiale dei pali infinita), caricato da una forza tagliante.

La base teorica generale che permette la soluzione del problema dei pali caricati trasversalmente è la stessa delle travi inflesse soggette a carichi non uniformi che, nel caso in esame, consente di scrivere la seguente equazione differenziale della linea elastica:

$$E_p J_p \frac{d^4 y}{dz^4} + P = 0$$

essendo:

P = reazione del terreno;

y = spostamento del palo;

z = profondità riferita alla quota del terreno;



E_p = modulo di elasticità del materiale con il quale è costituito il palo.

J_p = momento di inerzia della sezione del palo (m^4).

La risoluzione dell'equazione impone la scelta di una adeguata legge costitutiva, che legghi tra di loro la "p" e la "y", che compaiono come incognite nell'equazione differenziale della linea elastica del palo. In generale tale relazione viene determinata ricorrendo al ben noto modello semplificato di suolo alla Winkler, caratterizzato dal seguente legame tra "p" e "y":

$$P(z) = E_s \cdot y(z)$$

essendo:

E_s = modulo di reazione orizzontale del terreno.

L'adozione di questo modello semplificato, che equivale alla schematizzazione del terreno circostante il palo con una serie di molle tra di loro indipendenti, permette di semplificare notevolmente la formulazione matematica del problema consentendo di scrivere:

$$E_p J_p \frac{d^4 y(z)}{dz^4} + E_{MR}(z) \cdot y(z) = 0$$

In questo modo si perviene all'equazione differenziale della linea elastica la cui risoluzione permette la determinazione dei valori di $y(z)$; mediante derivazioni successive si possono poi determinare le sollecitazioni.

La risoluzione analitica è in generale alquanto complessa, per cui risulta di solito conveniente ricorrere a metodi numerici.

Matlock e Reese (1956) utilizzando il metodo delle differenze finite, hanno risolto il problema del palo soggetto ad un carico orizzontale, mediante l'impiego di parametri adimensionali, ottenuti esprimendo l'equazione della linea elastica attraverso equazioni differenziali funzione del tipo di sollecitazione agente.

Nel nostro caso, per il reale andamento di E_s , si ricorre al metodo degli elementi finiti, adimensionalizzando la soluzione come segue:

$$M_0 = \alpha \cdot T_0$$

$$M(z) = M_0 \cdot M_{ad}(z)$$

essendo:

T_0 = azione tagliante in testa palo;

M_0 = azione flettente, conseguente ad T_0 , in testa al palo;

α = rapporto momento taglio in testa palo nell'ipotesi di rotazione impedita;

M_{ad} = momento flettente adimensionale lungo il fusto del palo.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

68 di 151

7.2.1 Cavalcavia

Per le pile e le spalle del cavalcavia si può considerare il seguente modulo di reazione orizzontale del terreno lungo il fusto del palo:

- $E_s = 8000 \text{ kN/m}^2$ da testa palo (2 m da p.c.) a 1 m da testa palo;
- $E_s = 17500 \div 35000 \text{ kN/m}^2$ da 1.0 m a 22.0 m da testa palo (andamento lineare);
- $E_s = 120000 \text{ kN/m}^2$ da 22.0 m da testa palo a 27.0 m da testa palo;
- $E_s = 35000 \div 42000 \text{ kN/m}^2$ da 27.0 m da testa palo alla massima profondità indagata.

Da cui si è ricavato:

- considerando un palo di diametro $D=1200 \text{ mm}$ e lunghezza 20 m, il seguente valore del parametro alfa per la valutazione del momento lungo il fusto del palo.

$$\alpha = 2.71 \text{ m}$$

Momento adimensionale lungo il fusto del palo
con sommità' impedita di ruotare

z	Mad
m	-
.000	1.0000
.625	.7770
1.250	.5683
1.875	.3854
2.500	.2312
3.125	.1039
3.750	.0016
4.375	-.0780
5.000	-.1376
6.000	-.1973
7.000	-.2223
8.000	-.2222
9.000	-.2052
10.000	-.1783
11.667	-.1251
13.333	-.0756
15.000	-.0379
17.500	-.0071
20.000	.0000

Momento: $M(z) = M_0 * Mad(z)$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
69 di 151

8. ANALISI DEI CEDIMENTI

Nel presente capitolo si riporta la valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo.

L'analisi è stata svolta per le sezioni di calcolo più rappresentative in termini di geometria del rilevato (altezza, larghezza) e di stratigrafia e parametri di progetto.

La valutazione dei cedimenti dei rilevati è stata effettuata con il programma di calcolo CED (G. Guiducci) considerando l'ipotesi di rilevato illimitato per ogni sezione di calcolo.

Nella valutazione dei cedimenti e quindi nella determinazione dello spessore compressibile, si sono considerati i contributi degli strati in corrispondenza dei quali l'incremento della tensione ottaedrica risulta superiore o uguale a 10 volte la tensione geostatica efficace.

Le metodologie di calcolo dei cedimenti sono dettagliatamente descritte in Allegato 3.

L'analisi dei cedimenti dei rilevati è stata svolta considerando un modulo elastico operativo (E'), ottenuto dal profilo del modulo di deformazione elastico iniziale (E_0) di progetto fattorizzato di 10: $E' = E_0/10$.

8.1 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL SOTTOVIA

In corrispondenza delle spalle del sottovia si prevede un ampliamento dei rilevati esistenti, nella figura seguente è mostrato uno schema della geometria di riferimento. Il calcolo è stato eseguito considerando una sezione di area ed impronta equivalente e sono stati valutati i cedimenti con riferimento ai parametri ed alla stratigrafia indicati al paragrafo 5.2.

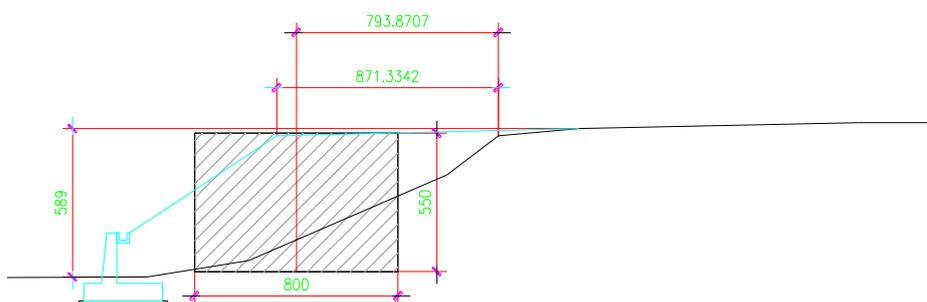


Figura 28-schema rilevato di approccio al sottovia

In Allegato 3 sono riportate le metodologie generali per il calcolo dei cedimenti ed i tabulati di calcolo completi. Nella seguente tabella si riassumono i principali risultati.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

70 di 151

Tabella 11– Cedimenti

Rilevato ampliamento spalla S2	Cedimento totale	Cedimento immediato	Cedimento di consolidazione
	[mm]	[mm]	[mm]
in asse rilevato	56.3	32.8	23.5
a 4 m dall'asse	34.7	17.9	16.8
a 8 m dall'asse (ciglio rilevato esistente)	7.8	0.0	7.8

I cedimenti totali massimi stimati in asse rilevato sono dell'ordine di 56 mm di cui 33 mm immediati e quindi 24 mm di consolidazione, al ciglio del rilevato esistente i cedimenti totali massimi stimati sono dell'ordine di 8 mm di cui 8 mm di consolidazione. Si tratta di cedimenti modesti che si svilupperanno nella quasi totalità durante i tempi di costruzione del rilevato, in quanto si tratta per lo più di terreni incoerenti, i terreni argillosi si intercettano dopo i 15.5 m dal p.c. e si tratta comunque di depositi da consistenti a molto consistenti che oltretutto sono costituiti da intercalazioni sabbiose che consentono di ridurre drasticamente i percorsi di filtrazione e quindi i tempi di consolidazione.

8.2 RISULTATI CEDIMENTI RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA RAMPA NORD

I rilevati di approccio alle spalle del cavalcavia presentano altezza massima 9.4 m con larghezza sommitale 11 m, pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e berma intermedia di larghezza 2 m, per altezza di rilevato maggiore di 5.5 m circa.

La valutazione dei cedimenti è stata eseguita considerando la sezione di massima altezza con riferimento ai parametri ed alla stratigrafia indicati al paragrafo 5.1.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

71 di 151

SEZIONE N. : S2
QT. PROGETTO : 30.005
DIST.PROG. : 436.963
DIST.PREC. : 11.963
DIST.SUCC. : 13.037

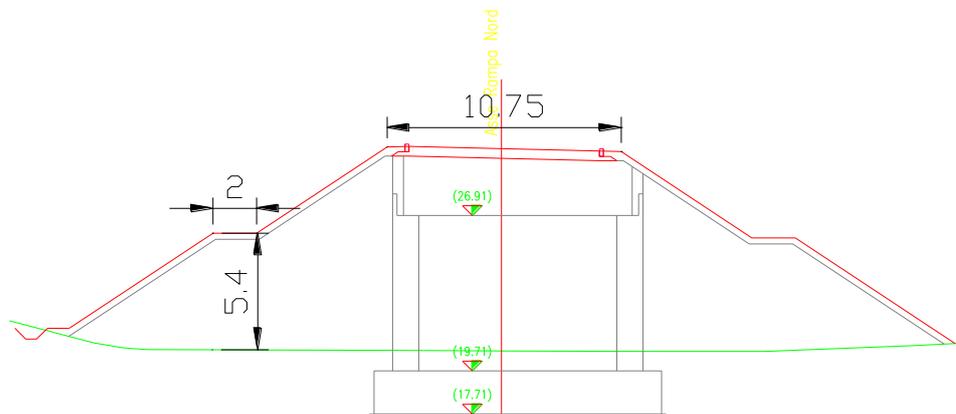


Figura 29-schema rilevato di approccio al cavalcavia

In Allegato 3 sono riportate le metodologie generali per il calcolo dei cedimenti ed i tabulati di calcolo completi. Nella seguente tabella si riassumono i principali risultati.

Tabella 12- Cedimenti in asse rilevato

Rilevato approccio spalla cavalcavia rampa nord	Cedimento totale [mm]	Cedimento immediato [mm]	Cedimento di consolidazione [mm]
in asse rilevato	196	88	108

I cedimenti totali massimi stimati in asse rilevato sono dell'ordine di 195 mm di cui 88 mm immediati e quindi 107 mm di consolidazione. Si tratta di cedimenti modesti che si svilupperanno gran parte entro i tempi di costruzione del rilevato. Nella seguente figura è mostrato il decorso dei cedimenti nel tempo, valutato con riferimento a:

$c_v = 1.3 \text{ E-}03 \text{ cm}^2/\text{s}$

coefficiente di consolidazione verticale

$c\alpha = 0.0008$

coefficiente di consolidazione secondaria

$H = 12 \text{ m}$

percorso di filtrazione



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

72 di 151

Rilevato accesso cavalcavia rampa nord - H=9.5 m
Decorso del cedimento

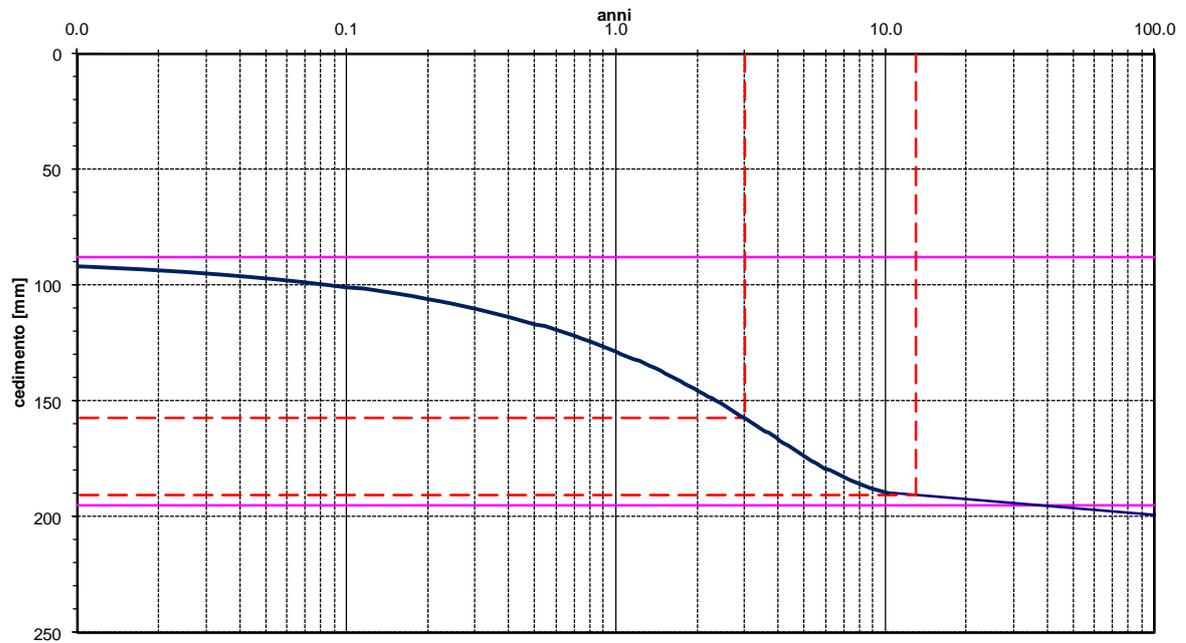


Figura 30-decorso del cedimento nel tempo



9. ANALISI DI STABILITA'

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità delle scarpate per i rilevati previsti nel tracciato in progetto. Si tratta di rilevati con pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale) con berma intermedia per altezze superiori ai 5.5 m circa.

L'analisi è stata svolta per la sezione più gravosa in termini di geometria (altezza e larghezza rilevato) e condizioni stratigrafiche.

Nel seguito si espongono le metodologie di analisi ed i risultati delle verifiche di stabilità.

9.1 METODOLOGIA GENERALE

L'analisi di stabilità di rilevati è stata svolta sia in condizioni statiche che sismiche.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato PCSTASBL5M (Purdue University) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari. Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite. Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{disp}}{\int_S \tau_{mob}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2). Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi'} = 1.25$ coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_{c'} = 1.25$ coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi'}$ angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_{c'}$ coesione drenata



Per il materiale costituente il rilevato si considerano i seguenti parametri caratteristici:

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Per il terreno di fondazione si considerano cautelativamente i seguenti parametri caratteristici:

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\varphi' = 33^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata

Inoltre nelle verifiche è stato considerato agenti sul rilevato un carico accidentale uniformemente distribuito di 20 kPa, quindi:

- In condizioni sismiche SLU si è considerato $q = 20 \text{ kPa}$;
- In condizioni statiche SLU si è considerato $q = 26 \text{ kPa}$, considerando il coefficiente parziale per le azioni $\gamma_f = 1.3$.

Il coefficiente di sicurezza minimo residuo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R). Pertanto il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$.

In accordo alla normativa vigente l'analisi sismica allo stato limite ultimo (SLU sismico) viene condotta considerando i parametri del terreno abbattuti con i coefficienti parziali precedentemente riportati ed il coefficiente di sicurezza dovrà risultare ≥ 1.1 .

Le analisi di stabilità dei rilevati sono state effettuate prendendo in considerazione sia superfici di scorrimento che interessano il solo corpo del rilevato sia superfici di scorrimento che intercettano anche i terreni di fondazione; nelle analisi non si è invece tenuto conto, cautelativamente, della presenza dello spessore di scotico al di sotto del piano campagna e dell'eventuale ulteriore spessore di bonifico.

Azioni sismiche per analisi di stabilità rilevati

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo γ sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

$$\gamma = \text{peso specifico del volume considerato.}$$

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale (a_h) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

75 di 151

$$k_h = \beta_s \cdot a_{max} / g = 0.062$$

$$k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.031$$

dove:

k_h = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

k_v = coefficiente sismico in direzione verticale;

$\beta_s = 0.24$, coefficiente di riduzione che dipende dall'accelerazione massima e dalla categoria di suolo come riportato in tabella seguente.

$a_{max}/g = S_s \cdot S_T \cdot a_g/g = 0.257 \cdot g$ accelerazione massima orizzontale di progetto;

$a_g = 0.181 \cdot g$ accelerazione massima sul suolo di riferimento rigido

$S_s = 1.42$ coefficiente di amplificazione stratigrafica locale (categoria di suolo tipo C)

$S_T = 1.0$ coefficiente di amplificazione topografica.

Tabella 13– Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.3	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Edilus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutte le località italiane direttamente dalla mappa. Scrivi l'indirizzo e/o sposta il segnalino sul sito che ti interessa e otterrai dinamicamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

ad es. "via M.Candilli, 114 MONTELLA"

via tiburtina, roma

Lattitudine: 41.93318868 Longitudine: 12.60116816

Classe dell'edificio: IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche impor

Vita Normale: Struttura 50

Periodo di Riferimento per l'azione sismica 100

Parametri di pericolosità Sismica				
"Stato Limite"	T_f [anni]	a_g [g]	F_0 [°]	$T^* c$ [s]
Operatività	60	0.067	2.489	0.274
Danno	101	0.083	2.489	0.278
Salvaguardia Vita	949	0.181	2.575	0.290
Prevenzione Collasso	1950	0.224	2.537	0.303

ACCA SOFTWARE
ACCA software S.p.A.
il software per l'edilizia
Tel.: 0827/69.504 - Fax: 0827/60.12.35
P.IVA 01883740647 - E-mail: info@acca.it

41.93087402, 12.60116816 | Rel Geotecnica Tiburtina 01.docx - Microsoft Word

Figura 31-Parametri sismici



9.2 RISULTATI

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati delle verifiche di stabilità secondo le metodologie precedentemente espote.

L'analisi è stata svolta per la sezione più gravosa in termini di geometria (altezza e larghezza rilevato) e condizioni stratigrafiche; in particolare è stata svolta per la sezione di rilevato di approccio alla spalla S2 del cavalcavia rampa nord, la cui geometria è mostrata in .

I coefficienti di sicurezza alla stabilità per le sezioni esaminate sono risultati sempre ≥ 1.1 ed in particolare:

FS = 1.12 in condizioni statiche;

FS = 1.10 in condizioni sismiche.

pertanto le verifiche sono sempre soddisfatte in accordo alla normativa vigente.

Nelle seguenti figure è mostrata la sezione analizzata con le superfici di scorrimento caratterizzate da fattore di sicurezza minimo. In allegato 4 sono riportati i tabulati di calcolo completi.

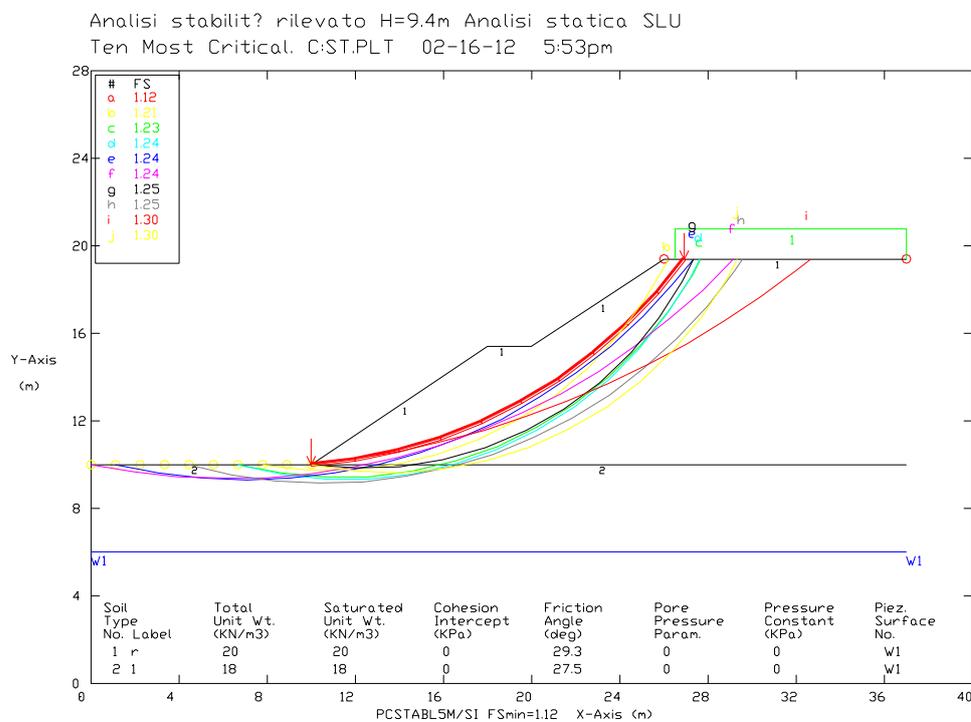


Figura 32-Analisi statica SLU



Analisi stabilit? rilevato H=9.4m Analisi sismica SLU
Ten Most Critical. C:SIS.PLT 02-16-12 5:53pm

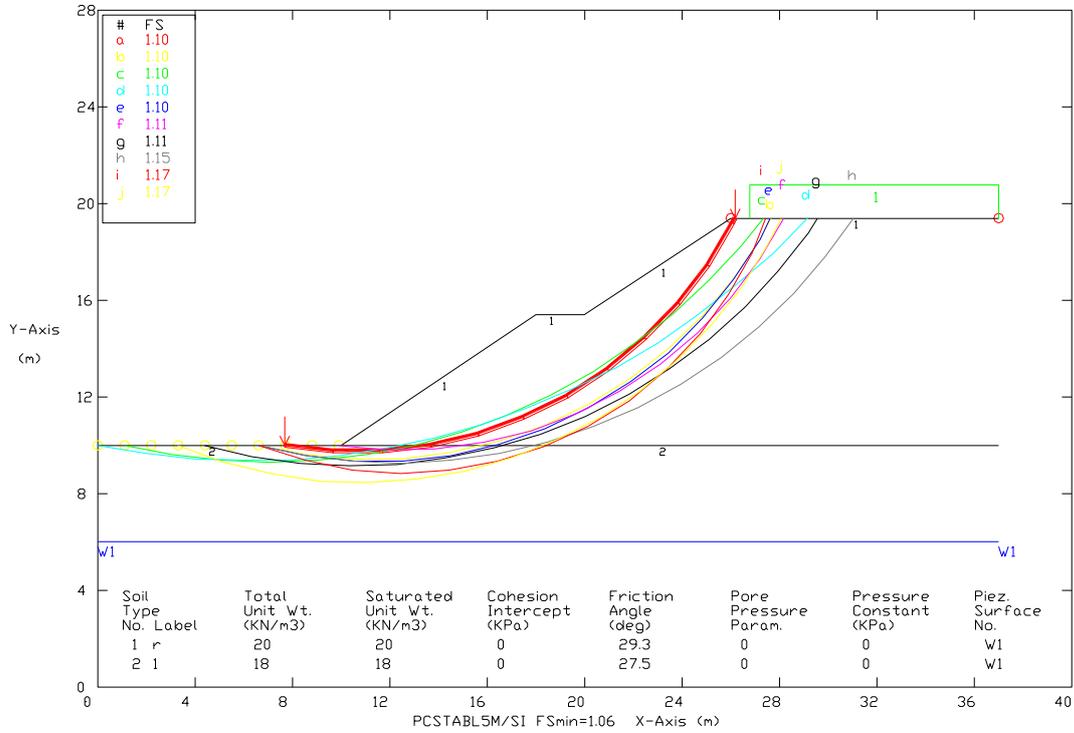


Figura 33-Analisi sismica SLU

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

78 di 151

10. PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Le indagini hanno rilevato la presenza di terreno di riporto di natura piroclastica costituito prevalentemente da sabbia limosa con frammenti di laterizi e talvolta con sparso ghiaino con spessore di 2- 3 m circa.

Inoltre su due campioni indisturbati sono state eseguite prove di compattazione che hanno condotto ai seguenti risultati.

Identificativo campione				Descrizione terreno	Limiti Atterberg			Analisi granulometrica				Proctor Modificato		Indice di portanza	Class
					LL	LP	IP	Ghiale (60-2 mm)	Sabbia (2,0-0,06 mm)	Limo (0,06-0,002 mm)	Argilla (<0,002mm)	Y _{dmax}	W _{optm}	CBR	CNR UNI 10006
V.A.	Sond.	Camp.	m da p.c.		%	%	%	%	%	%	%	g/cm ³	%	-	-
1412_1	A2	CR1	3,00-5,0	Argilla con limo di colore marrone molto scuro grigiastro (2,5Y 3/2) con diffuse tracce puntiformi nerastre. Umida , plastica , reagente all'HCL.	61,1	36,7	24,4	0,5	4,2	44,4	50,9	1,54	23,9	3	A 7-5
1412_2	A3	CR1	5,00-7,00	Limo argilloso sabbioso di colore marrone scuro(10YR 4/3 3/3) con diffuse tracce di ossidazione, umido , frazione fine poco plastica. Reagente all'HCL.	40,0	27,3	12,7	0,7	21,2	55,2	22,9	1,7	15,9	10	A 6

In relazione alle indagini eseguite per i piani di posa si prevede:

- Scotico: 20 cm;
- Bonifica: 30 cm.

Qualora raggiunto il piano di posa del rilevato si rinvenisse ancora materiale vegetale e/o rammollito o comunque non rispondente ai requisiti progettuali, si effettuerà ulteriore bonifica con materiale idoneo come previsto da Capitolato.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

79 di 151

ALLEGATO 1

***Analisi capacità portante pali.
Elaborati di calcolo PAL***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
80 di 151

CAVALCAVIA APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R3)

*** P A L ***

Programma per l'analisi della capacita' portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINTESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c.	=	2.00 m
Quota falda da p.c.	=	4.00 m
Peso di volume del palo	=	5.00 kN/m ³
Fattore di sicurezza portata laterale	=	1.61 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base	=	1.89 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.200 = 3.60$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.200 = 3.60$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
81 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "R" (Incoerente) da 0.00 a 3.00 m

$$G_n = 17.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 7.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$
$$K = .70 \quad \delta = 33.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 500. \text{ a } 500. \text{ kPa}$$

Strato 2 "AG" (Coesivo) da 3.00 a 24.00 m

$$G_n = 18.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 8.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 100.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .25 * S'v$$
$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 50.0 \text{ a } 100.0 \text{ kPa}$$

Strato 3 "SG" (Incoerente) da 24.00 a 29.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$$
$$K = .70 \quad \delta = 35.0 \text{ deg}$$

$$Q_b \text{ variabile lin. da } 4000. \text{ a } 4000. \text{ kPa}$$

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AG" (Coesivo) da 29.00 a 40.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .25 * S'v$$
$$\tau < .55 * S'v$$

$$Q_b = 9.0 * C_u + S_v$$

$$C_u \text{ variabile lin. da } 100.0 \text{ a } 120.0 \text{ kPa}$$

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

82 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "R "	1.00	1.00	-
2 "AG "	1.00	1.00	1.00
3 "SG "	1.00	1.00	-
4 "AG "	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio $\tau = \alpha \cdot C_u$

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.60
75.0	.60
75.1	.40
400.0	.40

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacità portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
2.00	34.0	34.0	--	.45	15.5	500.
2.50	42.5	42.5	--	.45	19.3	500.
3.00	51.0	51.0	--	.50	25.6	500.
3.50	60.0	60.0	51.2	.51	30.7	520.
4.00	69.0	69.0	52.4	.46	31.4	540.
4.50	73.0	78.0	53.6	.44	32.1	560.
5.00	77.0	87.0	54.8	.43	32.9	579.
5.50	81.0	96.0	56.0	.41	33.6	599.
6.00	85.0	105.0	57.1	.40	34.3	619.
6.50	89.0	114.0	58.3	.39	35.0	639.
7.00	93.0	123.0	59.5	.38	35.7	659.
7.50	97.0	132.0	60.7	.38	36.4	678.
8.00	101.0	141.0	61.9	.37	37.1	698.
8.50	105.0	150.0	63.1	.36	37.9	718.
9.00	109.0	159.0	64.3	.35	38.6	738.
9.50	113.0	168.0	65.5	.35	39.3	757.
10.00	117.0	177.0	66.7	.34	40.0	777.
10.50	121.0	186.0	67.9	.34	40.7	797.
11.00	125.0	195.0	69.0	.33	41.4	816.
11.50	129.0	204.0	70.2	.33	42.1	836.
12.00	133.0	213.0	71.4	.32	42.9	856.
12.50	137.0	222.0	72.6	.32	43.6	876.
13.00	141.0	231.0	73.8	.31	44.3	895.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

83 di 151

13.50	145.0	240.0	75.0	.31	45.0	915.
14.00	149.0	249.0	76.2	.25	37.3	935.
14.50	153.0	258.0	77.4	.25	38.3	954.
15.00	157.0	267.0	78.6	.25	39.3	974.
15.50	161.0	276.0	79.8	.25	40.3	994.
16.00	165.0	285.0	81.0	.25	41.3	1014.
16.50	169.0	294.0	82.1	.25	42.3	1033.

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
 Capacità Portante palo D=1200 mm Al+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
17.00	173.0	303.0	83.3	.25	43.3	1053.
17.50	177.0	312.0	84.5	.25	44.3	1073.
18.00	181.0	321.0	85.7	.25	45.3	1092.
18.50	185.0	330.0	86.9	.25	46.3	1112.
19.00	189.0	339.0	88.1	.25	47.3	1132.
19.50	193.0	348.0	89.3	.25	48.3	1152.
20.00	197.0	357.0	90.5	.25	49.3	1171.
20.50	201.0	366.0	91.7	.25	50.3	1191.
21.00	205.0	375.0	92.9	.25	51.3	1211.
21.50	209.0	384.0	94.0	.25	52.3	1230.
22.00	213.0	393.0	95.2	.25	53.3	1250.
22.50	217.0	402.0	96.4	.25	54.3	1270.
23.00	221.0	411.0	97.6	.25	55.3	1290.
23.50	225.0	420.0	98.8	.25	56.3	1309.
24.00	229.0	429.0	100.0	.37	84.7	1329.
24.50	233.5	438.5	--	.49	114.4	1711.
25.00	238.0	448.0	--	.49	116.7	2092.
25.50	242.5	457.5	--	.49	118.9	2474.
26.00	247.0	467.0	--	.49	121.1	2692.
26.50	251.5	476.5	--	.49	123.3	2910.
27.00	256.0	486.0	--	.49	125.5	2842.
27.50	260.5	495.5	--	.49	127.7	2487.
28.00	265.0	505.0	--	.49	129.9	2133.
28.50	269.5	514.5	--	.49	132.1	1778.
29.00	274.0	524.0	--	.37	101.4	1424.
29.50	278.5	533.5	100.9	.25	69.6	1442.
30.00	283.0	543.0	101.8	.25	70.8	1459.
30.50	287.5	552.5	102.7	.25	71.9	1477.
31.00	292.0	562.0	103.6	.25	73.0	1495.
31.50	296.5	571.5	104.5	.25	74.1	1512.

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

84 di 151

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
32.00	301.0	581.0	105.5	.25	75.3	1530.
32.50	305.5	590.5	106.4	.25	76.4	1548.
33.00	310.0	600.0	107.3	.25	77.5	1565.
33.50	314.5	609.5	108.2	.25	78.6	1583.
34.00	319.0	619.0	109.1	.25	79.8	1601.
34.50	323.5	628.5	110.0	.25	80.9	1619.
35.00	328.0	638.0	110.9	.25	82.0	1636.
35.50	332.5	647.5	111.8	.25	83.1	1654.
36.00	337.0	657.0	112.7	.25	84.3	1672.
36.50	341.5	666.5	113.6	.25	85.4	1689.
37.00	346.0	676.0	114.5	.25	86.5	1707.
37.50	350.5	685.5	115.5	.25	87.6	1725.
38.00	355.0	695.0	116.4	.25	88.8	1742.
38.50	359.5	704.5	117.3	.25	89.9	1760.
39.00	364.0	714.0	118.2	.25	91.0	1778.
39.50	368.5	723.5	119.1	.25	92.1	1795.
40.00	373.0	733.0	120.0	.25	93.3	1813.

zz = Profondita' da piano campagna
 S'v = Tensione verticale efficace
 Sv = Tensione verticale totale
 Cu = Coesione non drenata
 Tau = Tensione di adesione laterale limite
 qb = Portata di base limite unitaria

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
 Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q1l kN	Qbl kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	565.	0.	565.	299.
.50	33.	565.	3.	595.	317.
1.00	74.	565.	6.	634.	339.
1.50	129.	588.	8.	709.	383.
2.00	188.	610.	11.	787.	428.
2.50	248.	633.	14.	866.	474.
3.00	309.	655.	17.	947.	522.
3.50	371.	678.	20.	1029.	569.
4.00	435.	700.	23.	1113.	618.
4.50	501.	722.	25.	1198.	668.
5.00	567.	745.	28.	1284.	718.
5.50	635.	767.	31.	1372.	770.
6.00	705.	790.	34.	1460.	822.
6.50	775.	812.	37.	1551.	874.
7.00	847.	834.	40.	1642.	928.
7.50	921.	856.	42.	1735.	983.
8.00	996.	879.	45.	1829.	1038.
8.50	1072.	901.	48.	1925.	1094.
9.00	1149.	923.	51.	2021.	1151.
9.50	1228.	946.	54.	2120.	1209.
10.00	1308.	968.	57.	2219.	1268.
10.50	1389.	990.	59.	2320.	1328.
11.00	1472.	1013.	62.	2423.	1388.
11.50	1556.	1035.	65.	2526.	1449.
12.00	1630.	1057.	68.	2619.	1504.
12.50	1701.	1079.	71.	2710.	1557.
13.00	1774.	1102.	74.	2802.	1611.
13.50	1849.	1124.	76.	2897.	1667.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

85 di 151

14.00 1926. 1146. 79. 2993. 1723.
14.50 2004. 1169. 82. 3091. 1781.

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Ip m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	2085.	1191.	85.	3191.	1840.
15.50	2167.	1213.	88.	3293.	1900.
16.00	2252.	1236.	90.	3397.	1962.
16.50	2338.	1258.	93.	3502.	2024.
17.00	2426.	1280.	96.	3610.	2088.
17.50	2516.	1302.	99.	3720.	2153.
18.00	2608.	1325.	102.	3831.	2219.
18.50	2702.	1347.	105.	3944.	2286.
19.00	2797.	1369.	107.	4059.	2355.
19.50	2895.	1392.	110.	4176.	2424.
20.00	2994.	1414.	113.	4295.	2495.
20.50	3096.	1436.	116.	4416.	2567.
21.00	3199.	1458.	119.	4539.	2640.
21.50	3304.	1481.	122.	4663.	2714.
22.00	3424.	1503.	124.	4803.	2798.
22.50	3625.	1935.	127.	5432.	3148.
23.00	3842.	2366.	130.	6079.	3508.
23.50	4064.	2798.	133.	6729.	3872.
24.00	4291.	3044.	136.	7199.	4140.
24.50	4521.	3291.	139.	7673.	4411.
25.00	4755.	3214.	141.	7828.	4513.
25.50	4994.	2813.	144.	7663.	4446.
26.00	5237.	2412.	147.	7502.	4382.
26.50	5484.	2011.	150.	7345.	4320.
27.00	5719.	1611.	153.	7177.	4252.
27.50	5865.	1631.	156.	7340.	4350.
28.00	5997.	1651.	158.	7489.	4440.
28.50	6132.	1670.	161.	7641.	4531.
29.00	6268.	1690.	164.	7795.	4624.
29.50	6407.	1710.	167.	7950.	4718.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

86 di 151

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Lp m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	6547.	1730.	170.	8108.	4813.
30.50	6690.	1750.	172.	8268.	4909.
31.00	6835.	1770.	175.	8431.	5007.
31.50	6983.	1790.	178.	8595.	5106.
32.00	7132.	1810.	181.	8761.	5207.
32.50	7283.	1830.	184.	8930.	5308.
33.00	7437.	1850.	187.	9101.	5412.
33.50	7592.	1870.	189.	9273.	5516.
34.00	7750.	1890.	192.	9448.	5622.
34.50	7910.	1910.	195.	9625.	5729.
35.00	8072.	1930.	198.	9805.	5837.
35.50	8236.	1950.	201.	9986.	5947.
36.00	8402.	1970.	204.	10169.	6058.
36.50	8571.	1990.	206.	10355.	6170.
37.00	8741.	2010.	209.	10542.	6284.
37.50	8914.	2030.	212.	10732.	6399.
38.00	9088.	2050.	215.	10924.	6515.

Lp = Lunghezza utile del palo

Q11 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Q11/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

87 di 151

SOTTOVIA APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1 (A1+M1+R3)

*** P A L ***

Programma per l'analisi della capacità portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINIESI (RN - Italy)
ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GRA SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

Quota testa palo da p.c. = .00 m
Quota falda da p.c. = 4.00 m
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.61 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 1.89 (FS,b)

Elemento con sezione avente:

Area = 1.13000 m² Perimetro = 1.88000 m

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.199 = 3.60$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.199 = 3.60$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

TIBURTINA-GRA SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "Pi" (Incoerente) da .00 a 7.50 m

Gn = 17.0 kN/m³ Ge = 7.0 kN/m³

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$ kPa
K = .70 delta = 33.0 deg

Q_b variabile lin. da 1675. a 1675. kPa

Strato 2 "SG" (Incoerente) da 7.50 a 15.50 m

Gn = 19.0 kN/m³ Ge = 9.0 kN/m³

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$ kPa
K = .70 delta = 35.0 deg

Q_b variabile lin. da 2000. a 2000. kPa



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
88 di 151

Strato 3 "AG" (Coesivo) da 15.50 a 40.00 m

$$G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$$

$$\tau = \alpha \cdot C_u < 120.0 \text{ kPa}$$

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$$\tau > .25 \cdot S'v$$

$$\tau < .55 \cdot S'v$$

$$Q_b = 9.0 \cdot C_u$$

C_u variabile lin. da 150.0 a 150.0 kPa

pag./ 4

TIBURTINA-GRÀ SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Q_b	Molt. C_u
1 "Pi"	1.00	1.00	-
2 "SG"	1.00	1.00	-
3 "AG"	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio $\tau = \alpha \cdot C_u$

C_u kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.60
75.0	.60
75.1	.40
400.0	.40

pag./ 5

TIBURTINA-GRÀ SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacità portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	C_u kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	q_b kPa
.00	.0	.0	--	.00	.0	1675.
.50	8.5	8.5	--	.45	3.9	1675.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

89 di 151

1.00	17.0	17.0	--	.45	7.7	1675.
1.50	25.5	25.5	--	.45	11.6	1675.
2.00	34.0	34.0	--	.45	15.5	1675.
2.50	42.5	42.5	--	.45	19.3	1675.
3.00	51.0	51.0	--	.45	23.2	1675.
3.50	59.5	59.5	--	.45	27.0	1675.
4.00	68.0	68.0	--	.45	30.9	1675.
4.50	71.5	76.5	--	.45	32.5	1675.
5.00	75.0	85.0	--	.45	34.1	1675.
5.50	78.5	93.5	--	.45	35.7	1675.
6.00	82.0	102.0	--	.45	37.3	1675.
6.50	85.5	110.5	--	.45	38.9	1675.
7.00	89.0	119.0	--	.45	40.5	1675.
7.50	92.5	127.5	--	.47	43.7	1675.
8.00	97.0	137.0	--	.49	47.5	1721.
8.50	101.5	146.5	--	.49	49.7	1768.
9.00	106.0	156.0	--	.49	52.0	1814.
9.50	110.5	165.5	--	.49	54.2	1861.
10.00	115.0	175.0	--	.49	56.4	1907.
10.50	119.5	184.5	--	.49	58.6	1954.
11.00	124.0	194.0	--	.49	60.8	2000.
11.50	128.5	203.5	--	.49	63.0	2000.
12.00	133.0	213.0	--	.49	65.2	2000.
12.50	137.5	222.5	--	.49	67.4	1907.
13.00	142.0	232.0	--	.49	69.6	1814.
13.50	146.5	241.5	--	.49	71.8	1721.
14.00	151.0	251.0	--	.49	74.0	1629.
14.50	155.5	260.5	--	.49	76.2	1536.

pag./ 6

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	q _p kPa
15.00	160.0	270.0	--	.49	78.4	1443.
15.50	164.5	279.5	--	.43	70.3	1350.
16.00	169.0	289.0	150.0	.36	60.0	1350.
16.50	173.5	298.5	150.0	.35	60.0	1350.
17.00	178.0	308.0	150.0	.34	60.0	1350.
17.50	182.5	317.5	150.0	.33	60.0	1350.
18.00	187.0	327.0	150.0	.32	60.0	1350.
18.50	191.5	336.5	150.0	.31	60.0	1350.
19.00	196.0	346.0	150.0	.31	60.0	1350.
19.50	200.5	355.5	150.0	.30	60.0	1350.
20.00	205.0	365.0	150.0	.29	60.0	1350.
20.50	209.5	374.5	150.0	.29	60.0	1350.
21.00	214.0	384.0	150.0	.28	60.0	1350.
21.50	218.5	393.5	150.0	.27	60.0	1350.
22.00	223.0	403.0	150.0	.27	60.0	1350.
22.50	227.5	412.5	150.0	.26	60.0	1350.
23.00	232.0	422.0	150.0	.26	60.0	1350.
23.50	236.5	431.5	150.0	.25	60.0	1350.
24.00	241.0	441.0	150.0	.25	60.3	1350.
24.50	245.5	450.5	150.0	.25	61.4	1350.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
90 di 151

25.00	250.0	460.0	150.0	.25	62.5	1350.
25.50	254.5	469.5	150.0	.25	63.6	1350.
26.00	259.0	479.0	150.0	.25	64.8	1350.
26.50	263.5	488.5	150.0	.25	65.9	1350.
27.00	268.0	498.0	150.0	.25	67.0	1350.
27.50	272.5	507.5	150.0	.25	68.1	1350.
28.00	277.0	517.0	150.0	.25	69.3	1350.
28.50	281.5	526.5	150.0	.25	70.4	1350.
29.00	286.0	536.0	150.0	.25	71.5	1350.
29.50	290.5	545.5	150.0	.25	72.6	1350.

pag./ 7

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz	S'v	Sv	Cu	Tau/S'v	Tau	qb
m	kPa	kPa	kPa	-	kPa	kPa
30.00	295.0	555.0	150.0	.25	73.8	1350.
30.50	299.5	564.5	150.0	.25	74.9	1350.
31.00	304.0	574.0	150.0	.25	76.0	1350.
31.50	308.5	583.5	150.0	.25	77.1	1350.
32.00	313.0	593.0	150.0	.25	78.3	1350.
32.50	317.5	602.5	150.0	.25	79.4	1350.
33.00	322.0	612.0	150.0	.25	80.5	1350.
33.50	326.5	621.5	150.0	.25	81.6	1350.
34.00	331.0	631.0	150.0	.25	82.8	1350.
34.50	335.5	640.5	150.0	.25	83.9	1350.
35.00	340.0	650.0	150.0	.25	85.0	1350.
35.50	344.5	659.5	150.0	.25	86.1	1350.
36.00	349.0	669.0	150.0	.25	87.3	1350.
36.50	353.5	678.5	150.0	.25	88.4	1350.
37.00	358.0	688.0	150.0	.25	89.5	1350.
37.50	362.5	697.5	150.0	.25	90.6	1350.
38.00	367.0	707.0	150.0	.25	91.8	1350.
38.50	371.5	716.5	150.0	.25	92.9	1350.
39.00	376.0	726.0	150.0	.25	94.0	1350.
39.50	380.5	735.5	150.0	.25	95.1	1350.
40.00	385.0	745.0	150.0	.25	96.3	1350.

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 8

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

91 di 151

Ip m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	1893.	0.	1893.	1001.
.50	2.	1893.	3.	1892.	1000.
1.00	7.	1893.	6.	1894.	1000.
1.50	16.	1893.	8.	1901.	1003.
2.00	29.	1893.	11.	1911.	1008.
2.50	45.	1893.	14.	1924.	1016.
3.00	65.	1893.	17.	1941.	1025.
3.50	89.	1893.	20.	1962.	1037.
4.00	116.	1893.	23.	1986.	1051.
4.50	146.	1893.	25.	2013.	1067.
5.00	177.	1893.	28.	2042.	1083.
5.50	210.	1893.	31.	2072.	1101.
6.00	244.	1893.	34.	2103.	1119.
6.50	280.	1893.	37.	2136.	1139.
7.00	317.	1893.	40.	2171.	1159.
7.50	357.	1893.	42.	2207.	1181.
8.00	400.	1945.	45.	2300.	1232.
8.50	446.	1998.	48.	2395.	1286.
9.00	493.	2050.	51.	2493.	1340.
9.50	543.	2103.	54.	2592.	1396.
10.00	595.	2155.	57.	2694.	1453.
10.50	649.	2208.	59.	2798.	1512.
11.00	705.	2260.	62.	2903.	1572.
11.50	764.	2260.	65.	2959.	1605.
12.00	824.	2260.	68.	3016.	1640.
12.50	886.	2155.	71.	2971.	1620.
13.00	951.	2050.	73.	2927.	1602.
13.50	1017.	1945.	76.	2886.	1585.
14.00	1086.	1840.	79.	2847.	1569.
14.50	1156.	1735.	82.	2810.	1554.

pag./ 9

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Ip m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	1229.	1630.	85.	2774.	1541.
15.50	1301.	1526.	88.	2739.	1528.
16.00	1360.	1526.	90.	2795.	1561.
16.50	1416.	1526.	93.	2849.	1594.
17.00	1473.	1526.	96.	2902.	1626.
17.50	1529.	1526.	99.	2956.	1658.
18.00	1586.	1526.	102.	3009.	1690.
18.50	1642.	1526.	105.	3063.	1722.
19.00	1698.	1526.	107.	3116.	1755.
19.50	1755.	1526.	110.	3170.	1787.
20.00	1811.	1526.	113.	3224.	1819.
20.50	1868.	1526.	116.	3277.	1851.
21.00	1924.	1526.	119.	3331.	1883.
21.50	1980.	1526.	121.	3384.	1916.
22.00	2037.	1526.	124.	3438.	1948.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

92 di 151

22.50	2093.	1526.	127.	3492.	1980.
23.00	2150.	1526.	130.	3545.	2012.
23.50	2206.	1526.	133.	3599.	2045.
24.00	2262.	1526.	136.	3652.	2077.
24.50	2320.	1526.	138.	3707.	2109.
25.00	2378.	1526.	141.	3762.	2143.
25.50	2437.	1526.	144.	3818.	2177.
26.00	2497.	1526.	147.	3876.	2211.
26.50	2559.	1526.	150.	3935.	2247.
27.00	2621.	1526.	153.	3994.	2283.
27.50	2685.	1526.	155.	4055.	2319.
28.00	2749.	1526.	158.	4117.	2357.
28.50	2815.	1526.	161.	4179.	2395.
29.00	2882.	1526.	164.	4243.	2433.
29.50	2949.	1526.	167.	4308.	2472.

pag./ 10

TIBURTINA-GR A SOTTOVIA

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

Ip m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	3018.	1526.	170.	4374.	2512.
30.50	3088.	1526.	172.	4441.	2553.
31.00	3159.	1526.	175.	4509.	2594.
31.50	3231.	1526.	178.	4578.	2636.
32.00	3304.	1526.	181.	4649.	2678.
32.50	3378.	1526.	184.	4720.	2722.
33.00	3453.	1526.	186.	4792.	2766.
33.50	3529.	1526.	189.	4866.	2810.
34.00	3607.	1526.	192.	4940.	2855.
34.50	3685.	1526.	195.	5015.	2901.
35.00	3764.	1526.	198.	5092.	2947.
35.50	3845.	1526.	201.	5170.	2995.
36.00	3926.	1526.	203.	5248.	3042.
36.50	4009.	1526.	206.	5328.	3091.
37.00	4092.	1526.	209.	5409.	3140.
37.50	4177.	1526.	212.	5491.	3190.
38.00	4263.	1526.	215.	5574.	3240.
38.50	4349.	1526.	218.	5657.	3291.
39.00	4437.	1526.	220.	5742.	3343.
39.50	4526.	1526.	223.	5829.	3395.
40.00	4616.	1526.	226.	5916.	3448.

Ip = lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,1 + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

93 di 151

ALLEGATO 2

***Momento adimensionale lungo
il palo. Elaborati di calcolo MR***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

94 di 151

CAVALCAVIA PALO $D=1200$ MM

*** P A L ***

Programma per l'analisi della capacità portante
assiale di un palo di fondazione

(C) G.Guiducci - Studio SINIESI (RN - Italy)

ottobre 2006

pag./ 2

TIBURTINA-GR A CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo $D=1200$ mm $A1+M1+R3$

Quota testa palo da p.c. = 2.00 m
Quota falda da p.c. = 4.00 m
Peso di volume del palo = 5.00 kN/m³
Fattore di sicurezza portata laterale = 1.61 (FS,l)
Fattore di sicurezza portata di base = 1.89 (FS,b)

Elemento cilindrico, Diametro fusto = 1200. mm

Criterio per la determinazione della portata di base in uno strato "i"
quando la $Q_{b,i}$ ad esso attribuibile e' superiore a quella degli
strati adiacenti:

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.200 = 3.60$ m
entro lo strato se quello sovrastante e' piu' debole

La base del palo deve essere situata almeno: $3.0 * 1.200 = 3.60$ m
sopra lo strato sottostante se esso e' piu' debole

La variazione di Q_b viene assunta lineare dal passaggio di strato

pag./ 3

TIBURTINA-GR A CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo $D=1200$ mm $A1+M1+R3$

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 1 "R" (Incoerente) da .00 a 3.00 m

$G_n = 17.0$ kN/m³ $G_e = 7.0$ kN/m³

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0$ kPa

$K = .70$ $\delta = 33.0$ deg

Q_b variabile lin. da 500. a 500. kPa

Strato 2 "AG" (Coesivo) da 3.00 a 24.00 m

$G_n = 18.0$ kN/m³ $G_e = 8.0$ kN/m³

$\tau = \alpha * C_u < 100.0$ kPa

Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito

$\tau > .25 * S'v$

$\tau < .55 * S'v$

$Q_b = 9.0 * C_u + S'v$

C_u variabile lin. da 50.0 a 100.0 kPa

Strato 3 "SG" (Incoerente) da 24.00 a 29.00 m

$G_n = 19.0$ kN/m³ $G_e = 9.0$ kN/m³



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
95 di 151

$\tau = K * \tan(\delta) * S'v < 150.0 \text{ kPa}$
 $K = .70 \quad \delta = 35.0 \text{ deg}$
 Q_b variabile lin. da 4000. a 4000. kPa

pag./ 4

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

DEFINIZIONE PARAMETRI E CRITERI DI CALCOLO PER GLI STRATI DI TERRENO

Strato 4 "AG" (Coesivo) da 29.00 a 40.00 m
 $G_n = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad G_e = 9.0 \text{ kN/m}^3$
 $\tau = \alpha * C_u < 120.0 \text{ kPa}$
Criterio $\alpha(C_u)$ nel seguito
 $\tau > .25 * S'v$
 $\tau < .55 * S'v$
 $Q_b = 9.0 * C_u + S_v$
 C_u variabile lin. da 100.0 a 120.0 kPa

pag./ 5

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

MOLTIPLICATORI per i parametri di calcolo

strato	Molt. Tau	Molt. Qb	Molt. Cu
1 "R"	1.00	1.00	-
2 "AG"	1.00	1.00	1.00
3 "SG"	1.00	1.00	-
4 "AG"	1.00	1.00	1.00

NOTA: i moltiplicatori non influenzano le limitazioni superiori o inferiori dei parametri

Per terreni coesivi: Criterio $\tau = \alpha * C_u$

Cu kPa	alfa
.0	.90
25.0	.90
25.1	.80
50.0	.80
50.1	.60
75.0	.60
75.1	.40
400.0	.40

pag./ 6

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE
Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

96 di 151

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	φ kPa
2.00	34.0	34.0	--	.45	15.5	500.
2.50	42.5	42.5	--	.45	19.3	500.
3.00	51.0	51.0	--	.50	25.6	500.
3.50	60.0	60.0	51.2	.51	30.7	520.
4.00	69.0	69.0	52.4	.46	31.4	540.
4.50	73.0	78.0	53.6	.44	32.1	560.
5.00	77.0	87.0	54.8	.43	32.9	579.
5.50	81.0	96.0	56.0	.41	33.6	599.
6.00	85.0	105.0	57.1	.40	34.3	619.
6.50	89.0	114.0	58.3	.39	35.0	639.
7.00	93.0	123.0	59.5	.38	35.7	659.
7.50	97.0	132.0	60.7	.38	36.4	678.
8.00	101.0	141.0	61.9	.37	37.1	698.
8.50	105.0	150.0	63.1	.36	37.9	718.
9.00	109.0	159.0	64.3	.35	38.6	738.
9.50	113.0	168.0	65.5	.35	39.3	757.
10.00	117.0	177.0	66.7	.34	40.0	777.
10.50	121.0	186.0	67.9	.34	40.7	797.
11.00	125.0	195.0	69.0	.33	41.4	816.
11.50	129.0	204.0	70.2	.33	42.1	836.
12.00	133.0	213.0	71.4	.32	42.9	856.
12.50	137.0	222.0	72.6	.32	43.6	876.
13.00	141.0	231.0	73.8	.31	44.3	895.
13.50	145.0	240.0	75.0	.31	45.0	915.
14.00	149.0	249.0	76.2	.25	37.3	935.
14.50	153.0	258.0	77.4	.25	38.3	954.
15.00	157.0	267.0	78.6	.25	39.3	974.
15.50	161.0	276.0	79.8	.25	40.3	994.
16.00	165.0	285.0	81.0	.25	41.3	1014.
16.50	169.0	294.0	82.1	.25	42.3	1033.

pag./ 7

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	φ kPa
17.00	173.0	303.0	83.3	.25	43.3	1053.
17.50	177.0	312.0	84.5	.25	44.3	1073.
18.00	181.0	321.0	85.7	.25	45.3	1092.
18.50	185.0	330.0	86.9	.25	46.3	1112.
19.00	189.0	339.0	88.1	.25	47.3	1132.
19.50	193.0	348.0	89.3	.25	48.3	1152.
20.00	197.0	357.0	90.5	.25	49.3	1171.
20.50	201.0	366.0	91.7	.25	50.3	1191.
21.00	205.0	375.0	92.9	.25	51.3	1211.
21.50	209.0	384.0	94.0	.25	52.3	1230.
22.00	213.0	393.0	95.2	.25	53.3	1250.
22.50	217.0	402.0	96.4	.25	54.3	1270.
23.00	221.0	411.0	97.6	.25	55.3	1290.
23.50	225.0	420.0	98.8	.25	56.3	1309.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
97 di 151

24.00	229.0	429.0	100.0	.37	84.7	1329.
24.50	233.5	438.5	--	.49	114.4	1711.
25.00	238.0	448.0	--	.49	116.7	2092.
25.50	242.5	457.5	--	.49	118.9	2474.
26.00	247.0	467.0	--	.49	121.1	2692.
26.50	251.5	476.5	--	.49	123.3	2910.
27.00	256.0	486.0	--	.49	125.5	2842.
27.50	260.5	495.5	--	.49	127.7	2487.
28.00	265.0	505.0	--	.49	129.9	2133.
28.50	269.5	514.5	--	.49	132.1	1778.
29.00	274.0	524.0	--	.37	101.4	1424.
29.50	278.5	533.5	100.9	.25	69.6	1442.
30.00	283.0	543.0	101.8	.25	70.8	1459.
30.50	287.5	552.5	102.7	.25	71.9	1477.
31.00	292.0	562.0	103.6	.25	73.0	1495.
31.50	296.5	571.5	104.5	.25	74.1	1512.

pag./ 8

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA parametri per valutazione capacita' portante

zz m	S'v kPa	Sv kPa	Cu kPa	Tau/S'v -	Tau kPa	qb kPa
32.00	301.0	581.0	105.5	.25	75.3	1530.
32.50	305.5	590.5	106.4	.25	76.4	1548.
33.00	310.0	600.0	107.3	.25	77.5	1565.
33.50	314.5	609.5	108.2	.25	78.6	1583.
34.00	319.0	619.0	109.1	.25	79.8	1601.
34.50	323.5	628.5	110.0	.25	80.9	1619.
35.00	328.0	638.0	110.9	.25	82.0	1636.
35.50	332.5	647.5	111.8	.25	83.1	1654.
36.00	337.0	657.0	112.7	.25	84.3	1672.
36.50	341.5	666.5	113.6	.25	85.4	1689.
37.00	346.0	676.0	114.5	.25	86.5	1707.
37.50	350.5	685.5	115.5	.25	87.6	1725.
38.00	355.0	695.0	116.4	.25	88.8	1742.
38.50	359.5	704.5	117.3	.25	89.9	1760.
39.00	364.0	714.0	118.2	.25	91.0	1778.
39.50	368.5	723.5	119.1	.25	92.1	1795.
40.00	373.0	733.0	120.0	.25	93.3	1813.

zz = Profondita' da piano campagna

S'v = Tensione verticale efficace

Sv = Tensione verticale totale

Cu = Coesione non drenata

Tau = Tensione di adesione laterale limite

qb = Portata di base limite unitaria

pag./ 9

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacita' portante e relativi contributi

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

98 di 151

Ip m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
.00	0.	565.	0.	565.	299.
.50	33.	565.	3.	595.	317.
1.00	74.	565.	6.	634.	339.
1.50	129.	588.	8.	709.	383.
2.00	188.	610.	11.	787.	428.
2.50	248.	633.	14.	866.	474.
3.00	309.	655.	17.	947.	522.
3.50	371.	678.	20.	1029.	569.
4.00	435.	700.	23.	1113.	618.
4.50	501.	722.	25.	1198.	668.
5.00	567.	745.	28.	1284.	718.
5.50	635.	767.	31.	1372.	770.
6.00	705.	790.	34.	1460.	822.
6.50	775.	812.	37.	1551.	874.
7.00	847.	834.	40.	1642.	928.
7.50	921.	856.	42.	1735.	983.
8.00	996.	879.	45.	1829.	1038.
8.50	1072.	901.	48.	1925.	1094.
9.00	1149.	923.	51.	2021.	1151.
9.50	1228.	946.	54.	2120.	1209.
10.00	1308.	968.	57.	2219.	1268.
10.50	1389.	990.	59.	2320.	1328.
11.00	1472.	1013.	62.	2423.	1388.
11.50	1556.	1035.	65.	2526.	1449.
12.00	1630.	1057.	68.	2619.	1504.
12.50	1701.	1079.	71.	2710.	1557.
13.00	1774.	1102.	74.	2802.	1611.
13.50	1849.	1124.	76.	2897.	1667.
14.00	1926.	1146.	79.	2993.	1723.
14.50	2004.	1169.	82.	3091.	1781.

pag./ 10

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Ip m	Q11 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
15.00	2085.	1191.	85.	3191.	1840.
15.50	2167.	1213.	88.	3293.	1900.
16.00	2252.	1236.	90.	3397.	1962.
16.50	2338.	1258.	93.	3502.	2024.
17.00	2426.	1280.	96.	3610.	2088.
17.50	2516.	1302.	99.	3720.	2153.
18.00	2608.	1325.	102.	3831.	2219.
18.50	2702.	1347.	105.	3944.	2286.
19.00	2797.	1369.	107.	4059.	2355.
19.50	2895.	1392.	110.	4176.	2424.
20.00	2994.	1414.	113.	4295.	2495.
20.50	3096.	1436.	116.	4416.	2567.
21.00	3199.	1458.	119.	4539.	2640.
21.50	3304.	1481.	122.	4663.	2714.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
99 di 151

22.00	3424.	1503.	124.	4803.	2798.
22.50	3625.	1935.	127.	5432.	3148.
23.00	3842.	2366.	130.	6079.	3508.
23.50	4064.	2798.	133.	6729.	3872.
24.00	4291.	3044.	136.	7199.	4140.
24.50	4521.	3291.	139.	7673.	4411.
25.00	4755.	3214.	141.	7828.	4513.
25.50	4994.	2813.	144.	7663.	4446.
26.00	5237.	2412.	147.	7502.	4382.
26.50	5484.	2011.	150.	7345.	4320.
27.00	5719.	1611.	153.	7177.	4252.
27.50	5865.	1631.	156.	7340.	4350.
28.00	5997.	1651.	158.	7489.	4440.
28.50	6132.	1670.	161.	7641.	4531.
29.00	6268.	1690.	164.	7795.	4624.
29.50	6407.	1710.	167.	7950.	4718.

pag. / 11

TIBURTINA-GRA CAVALCAVIA SPALLE E PILE

Capacità Portante palo D=1200 mm A1+M1+R3

STAMPA capacità portante e relativi contributi

Ip m	Ql1 kN	Qb1 kN	Wp kN	Qu kN	Qd kN
30.00	6547.	1730.	170.	8108.	4813.
30.50	6690.	1750.	172.	8268.	4909.
31.00	6835.	1770.	175.	8431.	5007.
31.50	6983.	1790.	178.	8595.	5106.
32.00	7132.	1810.	181.	8761.	5207.
32.50	7283.	1830.	184.	8930.	5308.
33.00	7437.	1850.	187.	9101.	5412.
33.50	7592.	1870.	189.	9273.	5516.
34.00	7750.	1890.	192.	9448.	5622.
34.50	7910.	1910.	195.	9625.	5729.
35.00	8072.	1930.	198.	9805.	5837.
35.50	8236.	1950.	201.	9986.	5947.
36.00	8402.	1970.	204.	10169.	6058.
36.50	8571.	1990.	206.	10355.	6170.
37.00	8741.	2010.	209.	10542.	6284.
37.50	8914.	2030.	212.	10732.	6399.
38.00	9088.	2050.	215.	10924.	6515.

Ip = lunghezza utile del palo

Ql1 = Portata laterale limite

Qb1 = Portata di base limite

Wp = Peso efficace del palo

Qu = Portata totale limite

Qd = Portata di progetto = $Ql1/FS,l + Qb1/FS,b - Wp$



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

100 di 151

ALLEGATO 3

*Analisi dei cedimenti dei
rilevati. Elaborati di calcolo
CED - Metodologia di calcolo
cedimenti*



ANALISI DEI CEDIMENTI PER RILEVATI E FONDAZIONI DIRETTE - ANALISI DELLE TENSIONI INDOTTE NEL SOTTOSUOLO DAI CARICHI APPLICATI IN SUPERFICIE

La valutazione dell'incremento dello stato tensionale indotto nel terreno dai carichi applicati viene condotta con riferimento a soluzioni basate sulle seguenti ipotesi semplificative:

- il terreno è schematizzato come un semispazio elastico lineare, omogeneo ed isotropo (modello di Boussinesq);
- l'area di carico è posta sulla superficie del semispazio ed è supposta di rigidità nulla.

Per una generica condizione di carico viene eseguita una discretizzazione in un numero finito di superfici rettangolari sulle quali è applicata una pressione uniforme.

Per ogni direttrice di calcolo del cedimento vengono valutati gli incrementi di tensione indotti da ogni singola superficie di carico componendo poi gli effetti.

La soluzione base impiegata è quella di Florin (1959) che fornisce gli incrementi di tensione in corrispondenza di una verticale passante per lo spigolo di un'area di carico rettangolare:

$$\delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} + \frac{abz}{R_3} \cdot \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right]$$

$$\delta\sigma_x = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_1^2 R_3} \right]$$

$$\delta\sigma_y = \frac{q}{2\pi} \cdot \left[\tan^{-1} \frac{ab}{zR_3} - \frac{abz}{R_2^2 R_3} \right]$$

dove: $\delta\sigma_z$ = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$ = incrementi di tensioni orizzontali;

$$R_1^2 = (a^2 + z^2),$$

$$R_2^2 = (b^2 + z^2),$$

$$R_3^2 = (a^2 + b^2 + z^2);$$

q = carico applicato (pressione),

a = semilato dell'area di carico in direzione x

b = semilato dell'area di carico in direzione y

z = asse verticale.



CALCOLO DEI CEDIMENTI

Il cedimento (s) viene valutato, dopo avere discretizzato l'altezza significativa di terreno in "n" strati, in base alla seguente relazione:

$$z = H_c$$

$$s = \sum_{z=0}^z [(\delta\sigma_{z,i} - \nu(\delta\sigma_{x,i} + \delta\sigma_{y,i})) \cdot h_i / E'_i]$$

dove:

E'_i = modulo di deformazione dello strato i-esimo;

h_i = altezza dello strato i-esimo,

H_c = altezza del volume di terreno significativo,

$\delta\sigma_z$ = incremento di tensione verticale,

$\delta\sigma_{x,y}$ = incrementi di tensioni orizzontali.

Il calcolo dei cedimenti è limitato agli strati di terreno che realisticamente risentono del carico applicato in superficie. Ciò è individuato entro la profondità H_c per cui:

$$\delta\sigma_z / \sigma'_{vo} > 0.10;$$

essendo:

σ'_{vo} = tensione verticale efficace litostatica.

Il cedimento totale dato dagli strati coesivi (di bassa permeabilità) è generalmente dato dalla somma di tre contributi:

$$S_t = S_i + S_c + S_s$$

dove:

S_t = cedimento totale;

S_i = cedimento immediato; esso si sviluppa all'applicazione del carico, viene valutato con il modulo E_u (in condizioni non drenate).

S_c = cedimento per consolidazione, con sviluppo completo al tempo in cui sarà avvenuta la completa dissipazione delle sovrappressioni interstiziali indotte dai carichi.

S_s = cedimento secondario, dovuto a deformazioni viscosi del terreno con carico costante e pressioni interstiziali stabilizzate.

Il contributo del cedimento secondario diventa importante in pochi casi, quando il cedimento dipende in gran parte da uno strato argilloso di rilevante spessore nel quale il completamento della consolidazione avviene in pochi mesi (inserimento di dreni verticali molto fitti).

Nei casi in cui il cedimento secondario può essere trascurato si valuterà:

S_t , con il modulo E' (in condizioni drenate),

S_i , con il modulo E_u (in condizioni non drenate),

$$S_c = S_t - S_i.$$



VALUTAZIONE DEI TEMPI DI CONSOLIDAZIONE CONSOLIDAZIONE MONODIMENSIONALE

L'analisi del processo di consolidazione consiste nella previsione del decorso nel tempo della dissipazione della sovrappressione interstiziale e quindi del cedimento.

Si tratta di un problema molto complesso del quale esistono in letteratura delle soluzioni relative a schemi semplificati che possono comunque fornire indicazioni per i problemi pratici.

La prima soluzione al problema monodimensionale è stata ottenuta da Terzaghi (1923) nell'ambito delle seguenti ipotesi:

- terreno omogeneo e completamente saturo, con legge sforzi-deformazione di tipo lineare;
- i parametri di compressibilità e di permeabilità sono costanti durante il processo di consolidazione;
- incompressibilità dell'acqua e dello scheletro solido del terreno;
- deformazioni piccole e comportamento del terreno non viscoso;
- il carico è supposto applicato istantaneamente;
- validità della legge di Darcy.

L'equazione differenziale che regola il fenomeno in regime transitorio è:

$$c_v \frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{du}{dt}$$

dove: c_v = coefficiente di consolidazione verticale;

u = sovrappressione interstiziale: $u(z,t)$;

z = dimensione (verticale);

t = tempo;

d = simbolo per derivata parziale.

La soluzione dell'equazione dipende dalle condizioni iniziali:

- distribuzione delle sovrappressioni interstiziali all'atto dell'applicazione del carico;
- condizioni di drenaggio al contorno.

La soluzione è generalmente espressa in termini del parametro adimensionale "grado di consolidazione" U_v definito dal rapporto fra la sovrappressione dissipata e quella iniziale:

$$U_v(z,t) = \frac{u_0 - u(z,t)}{u_0} = 1 - \frac{u(z,t)}{u_0} = \frac{s_c(t)}{s_c}$$

dove: u_0 = sovrappressione iniziale;



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

104 di 151

$u(z,t)$ = sovrappressione durante il transitorio;

$s_c(t)$ = cedimento (per consolidazione) nel generico istante t ;

s_c = cedimento al termine del processo.

Una funzione che approssima la soluzione dell'equazione differenziale è stata proposta da Sivaram e Swamee - 1977 (vedasi "Geotecnica" di R. Lancellotta) :

$$U_v = (4 \cdot T_v / \pi)^{0.5} / [1 + (4 \cdot T_v / \pi)^{2.8}]^{0.179}$$

dove:

$T_v = c_v \cdot t / L_v^2$ fattore di tempo adimensionale

$c_v = k_v \cdot E_d / \gamma_w$ coefficiente di consolidazione verticale

k_v = coefficiente di permeabilità verticale

E_d = modulo di compressibilità edometrica

γ_w = peso di volume dell'acqua

t = istante di tempo generico

L_v = massimo percorso di drenaggio.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

105 di 151

RILEVATO DI APPROCCIO AL SOTTOVIA – CEDIMENTI TOTALI

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento totale

Coefficiente di Frolich = 4
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondità falda = 4.0 m
Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m ³	G eff kN/m ³	N dv
1	.0	7.5	15000.	15000.	17.0	7.0	15
2	7.5	15.5	30000.	30000.	19.0	9.0	16
3	15.5	35.0	50000.	50000.	19.0	9.0	20

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondità' inizio strato
Z fin = profondità' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 5.5 m
Larghezza sommità' = 8.0 m
Pendenza scarpe = 1000.000 (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m³
Sovraccarico in sommità' = .0 kPa

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
----	---------------	----------	----------	-------------	-------------	--------------

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

106 di 151

1	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.428
2	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.413
3	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.397
4	22.0	.00	.00	8.00	320.22	56.382
5	22.0	.00	.00	8.00	320.22	56.366

Carico totale = 281.987 MN

pag./ 3

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla
 Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	110.0	54.7	54.9	.4	15000.
.8	110.0	52.2	54.1	1.3	15000.
1.3	109.7	47.8	52.5	2.1	15000.
1.8	108.9	42.3	50.4	3.0	15000.
2.3	107.4	36.4	47.9	3.8	15000.
2.8	105.2	30.8	45.3	4.7	15000.
3.3	102.4	25.7	42.7	5.5	15000.
3.8	99.0	21.4	40.1	6.4	15000.
4.3	95.4	17.7	37.7	7.0	15000.
4.8	91.6	14.7	35.4	7.3	15000.
5.3	87.8	12.3	33.3	7.7	15000.
5.8	84.0	10.3	31.4	8.0	15000.
6.3	80.4	8.6	29.7	8.4	15000.
6.8	76.9	7.3	28.0	8.7	15000.
7.3	73.5	6.2	26.6	9.1	15000.
7.8	70.4	5.3	25.2	9.5	30000.
8.3	67.5	4.6	24.0	9.9	30000.
8.8	64.7	4.0	22.9	10.4	30000.
9.3	62.1	3.4	21.8	10.8	30000.
9.8	59.7	3.0	20.9	11.3	30000.
10.3	57.4	2.6	20.0	11.7	30000.
10.8	55.2	2.3	19.2	12.2	30000.
11.3	53.2	2.1	18.4	12.6	30000.
11.8	51.4	1.8	17.7	13.1	30000.
12.3	49.6	1.6	17.1	13.5	30000.
12.8	47.9	1.5	16.5	14.0	30000.
13.3	46.4	1.3	15.9	14.4	30000.
13.8	44.9	1.2	15.4	14.9	30000.
14.3	43.5	1.1	14.9	15.3	30000.
14.8	42.2	1.0	14.4	15.8	30000.
15.3	41.0	.9	13.9	16.2	30000.
16.0	39.3	.8	13.3	16.9	50000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
107 di 151

17.0	37.2	.7	12.6	17.8	50000.
17.9	35.4	.6	11.9	18.6	50000.
18.9	33.7	.5	11.4	19.5	50000.
19.9	32.1	.4	10.8	20.4	50000.
20.9	30.7	.4	10.3	21.3	50000.
21.8	29.4	.3	9.9	22.2	50000.
22.8	28.2	.3	9.5	23.0	50000.
23.8	27.1	.3	9.1	23.9	50000.
24.8	26.1	.2	8.7	24.8	50000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	56.3			
.5	53.7	.0	.5	2.6
1.0	51.1	.5	1.0	2.6
1.5	48.4	1.0	1.5	2.7
2.0	45.7	1.5	2.0	2.7
2.5	43.0	2.0	2.5	2.7
3.0	40.2	2.5	3.0	2.7
3.5	37.5	3.0	3.5	2.7
4.0	34.8	3.5	4.0	2.7
4.5	32.2	4.0	4.5	2.6
5.0	29.7	4.5	5.0	2.6
5.5	27.2	5.0	5.5	2.5
6.0	24.8	5.5	6.0	2.4
6.5	22.5	6.0	6.5	2.3
7.0	20.3	6.5	7.0	2.2
7.5	18.2	7.0	7.5	2.1
8.0	17.2	7.5	8.0	1.0
8.5	16.2	8.0	8.5	1.0
9.0	15.2	8.5	9.0	.9
9.5	14.3	9.0	9.5	.9
10.0	13.4	9.5	10.0	.9
10.5	12.6	10.0	10.5	.8
11.0	11.8	10.5	11.0	.8
11.5	11.0	11.0	11.5	.8
12.0	10.2	11.5	12.0	.8
12.5	9.5	12.0	12.5	.7
13.0	8.8	12.5	13.0	.7



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
108 di 151

13.5	8.1	13.0	13.5	.7
14.0	7.5	13.5	14.0	.7
14.5	6.8	14.0	14.5	.6
15.0	6.2	14.5	15.0	.6
15.5	5.6	15.0	15.5	.6
16.5	4.9	15.5	16.5	.7
17.4	4.2	16.5	17.4	.6
18.4	3.6	17.4	18.4	.6
19.4	3.0	18.4	19.4	.6
20.4	2.5	19.4	20.4	.6
21.4	1.9	20.4	21.4	.5
22.3	1.4	21.4	22.3	.5
23.3	.9	22.3	23.3	.5
24.3	.5	23.3	24.3	.5
25.3	.0	24.3	25.3	.5

Cedimento totale = 56.3 mm

pag./ 5

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.9	27.5	27.8	.4	15000.
.8	55.3	27.1	27.5	1.3	15000.
1.3	55.2	26.5	27.2	2.1	15000.
1.8	55.1	25.6	26.9	3.0	15000.
2.3	55.0	24.5	26.5	3.8	15000.
2.8	54.8	23.3	26.0	4.7	15000.
3.3	54.6	21.9	25.5	5.5	15000.
3.8	54.3	20.4	24.9	6.4	15000.
4.3	54.0	18.9	24.3	7.0	15000.
4.8	53.5	17.5	23.7	7.3	15000.
5.3	52.9	16.1	23.0	7.7	15000.
5.8	52.3	14.7	22.3	8.0	15000.
6.3	51.6	13.5	21.7	8.4	15000.
6.8	50.8	12.3	21.0	8.7	15000.
7.3	50.0	11.2	20.4	9.1	15000.
7.8	49.1	10.2	19.8	9.5	30000.
8.3	48.2	9.3	19.2	9.9	30000.
8.8	47.3	8.5	18.6	10.4	30000.
9.3	46.3	7.7	18.0	10.8	30000.
9.8	45.3	7.0	17.4	11.3	30000.
10.3	44.4	6.4	16.9	11.7	30000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
109 di 151

10.8	43.4	5.9	16.4	12.2	30000.
11.3	42.5	5.4	15.9	12.6	30000.
11.8	41.6	4.9	15.5	13.1	30000.
12.3	40.6	4.5	15.0	13.5	30000.
12.8	39.7	4.1	14.6	14.0	30000.
13.3	38.9	3.8	14.2	14.4	30000.
13.8	38.0	3.5	13.8	14.9	30000.
14.3	37.2	3.2	13.5	15.3	30000.
14.8	36.4	3.0	13.1	15.8	30000.
15.3	35.6	2.8	12.8	16.2	30000.
16.0	34.5	2.5	12.3	16.9	50000.
17.0	33.1	2.1	11.7	17.8	50000.
17.9	31.8	1.9	11.2	18.6	50000.
18.9	30.5	1.6	10.7	19.5	50000.
19.9	29.4	1.4	10.2	20.4	50000.
20.9	28.3	1.3	9.8	21.3	50000.
21.8	27.3	1.1	9.4	22.2	50000.
22.8	26.3	1.0	9.1	23.0	50000.
23.8	25.4	.9	8.7	23.9	50000.
24.8	24.6	.8	8.4	24.8	50000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 6

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	34.7			
.5	33.4	.0	.5	1.3
1.0	32.1	.5	1.0	1.3
1.5	30.8	1.0	1.5	1.3
2.0	29.4	1.5	2.0	1.3
2.5	28.1	2.0	2.5	1.3
3.0	26.8	2.5	3.0	1.3
3.5	25.4	3.0	3.5	1.3
4.0	24.1	3.5	4.0	1.4
4.5	22.7	4.0	4.5	1.4
5.0	21.3	4.5	5.0	1.4
5.5	20.0	5.0	5.5	1.4
6.0	18.6	5.5	6.0	1.4
6.5	17.2	6.0	6.5	1.4
7.0	15.9	6.5	7.0	1.4
7.5	14.5	7.0	7.5	1.4



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
110 di 151

8.0	13.8	7.5	8.0	.7
8.5	13.2	8.0	8.5	.7
9.0	12.5	8.5	9.0	.7
9.5	11.9	9.0	9.5	.6
10.0	11.3	9.5	10.0	.6
10.5	10.6	10.0	10.5	.6
11.0	10.0	10.5	11.0	.6
11.5	9.4	11.0	11.5	.6
12.0	8.8	11.5	12.0	.6
12.5	8.2	12.0	12.5	.6
13.0	7.7	12.5	13.0	.6
13.5	7.1	13.0	13.5	.6
14.0	6.6	13.5	14.0	.5
14.5	6.0	14.0	14.5	.5
15.0	5.5	14.5	15.0	.5
15.5	5.0	15.0	15.5	.5
16.5	4.4	15.5	16.5	.6
17.4	3.8	16.5	17.4	.6
18.4	3.3	17.4	18.4	.5
19.4	2.8	18.4	19.4	.5
20.4	2.3	19.4	20.4	.5
21.4	1.8	20.4	21.4	.5
22.3	1.3	21.4	22.3	.5
23.3	.9	22.3	23.3	.5
24.3	.4	23.3	24.3	.4
25.3	.0	24.3	25.3	.4

Cedimento totale = 34.7 mm

pag./ 7

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato appoggio spalla
Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	.0	.1	.0	.4	15000.
.8	.0	1.2	.4	1.3	15000.
1.3	.2	3.2	1.1	2.1	15000.
1.8	.6	5.5	2.0	3.0	15000.
2.3	1.3	7.9	3.1	3.8	15000.
2.8	2.4	10.1	4.1	4.7	15000.
3.3	3.7	11.9	5.2	5.5	15000.
3.8	5.3	13.2	6.2	6.4	15000.
4.3	7.1	14.2	7.1	7.0	15000.
4.8	8.8	14.8	7.9	7.3	15000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

111 di 151

5.3	10.6	15.0	8.5	7.7	15000.
5.8	12.3	15.1	9.1	8.0	15000.
6.3	13.8	14.9	9.6	8.4	15000.
6.8	15.3	14.6	10.0	8.7	15000.
7.3	16.6	14.2	10.3	9.1	15000.
7.8	17.8	13.7	10.5	9.5	30000.
8.3	18.9	13.1	10.7	9.9	30000.
8.8	19.8	12.5	10.8	10.4	30000.
9.3	20.7	11.9	10.9	10.8	30000.
9.8	21.4	11.4	10.9	11.3	30000.
10.3	22.0	10.8	10.9	11.7	30000.
10.8	22.5	10.2	10.9	12.2	30000.
11.3	22.9	9.6	10.8	12.6	30000.
11.8	23.3	9.1	10.8	13.1	30000.
12.3	23.5	8.6	10.7	13.5	30000.
12.8	23.7	8.1	10.6	14.0	30000.
13.3	23.9	7.7	10.5	14.4	30000.
13.8	24.0	7.2	10.4	14.9	30000.
14.3	24.1	6.8	10.3	15.3	30000.
14.8	24.1	6.4	10.1	15.8	30000.
15.3	24.0	6.1	10.0	16.2	30000.
16.0	24.0	5.6	9.8	16.9	50000.
17.0	23.8	5.0	9.6	17.8	50000.
17.9	23.5	4.4	9.3	18.6	50000.
18.9	23.2	4.0	9.0	19.5	50000.
19.9	22.8	3.6	8.8	20.4	50000.
20.9	22.4	3.2	8.5	21.3	50000.
21.8	22.0	2.9	8.3	22.2	50000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi

S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 8

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla

Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	7.8			
.5	7.8	.0	.5	.0
1.0	7.8	.5	1.0	.0
1.5	7.9	1.0	1.5	.0
2.0	7.9	1.5	2.0	-.1
2.5	8.0	2.0	2.5	-.1
3.0	8.0	2.5	3.0	-.1
3.5	8.1	3.0	3.5	.0



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

112 di 151

4.0	8.1	3.5	4.0	.0
4.5	8.1	4.0	4.5	.0
5.0	8.0	4.5	5.0	.1
5.5	7.9	5.0	5.5	.1
6.0	7.7	5.5	6.0	.2
6.5	7.5	6.0	6.5	.2
7.0	7.3	6.5	7.0	.3
7.5	6.9	7.0	7.5	.3
8.0	6.8	7.5	8.0	.2
8.5	6.6	8.0	8.5	.2
9.0	6.4	8.5	9.0	.2
9.5	6.1	9.0	9.5	.2
10.0	5.9	9.5	10.0	.2
10.5	5.6	10.0	10.5	.3
11.0	5.4	10.5	11.0	.3
11.5	5.1	11.0	11.5	.3
12.0	4.8	11.5	12.0	.3
12.5	4.5	12.0	12.5	.3
13.0	4.2	12.5	13.0	.3
13.5	3.9	13.0	13.5	.3
14.0	3.6	13.5	14.0	.3
14.5	3.3	14.0	14.5	.3
15.0	2.9	14.5	15.0	.3
15.5	2.6	15.0	15.5	.3
16.5	2.2	15.5	16.5	.4
17.4	1.9	16.5	17.4	.4
18.4	1.5	17.4	18.4	.4
19.4	1.1	18.4	19.4	.4
20.4	.7	19.4	20.4	.4
21.4	.4	20.4	21.4	.4
22.3	.0	21.4	22.3	.4

Cedimento totale = 7.8 mm



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

113 di 151

RILEVATO DI APPROCCIO AL SOTTOVIA - CEDIMENTI IMMEDIATI

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento immediato

Coefficiente di Frolich = 3
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondita' falda = 4.0 m
Coefficiente di Poisson = .50

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m ³	G eff kN/m ³	N dv
1	.0	7.5	15000.	15000.	17.0	7.0	15
2	7.5	15.5	30000.	30000.	19.0	9.0	16
3	15.5	35.0	60000.	60000.	19.0	9.0	20

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondita' inizio strato
Z fin = profondita' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 5.5 m
Larghezza sommita' = 8.0 m
Pendenza scarpate = 1000.000 (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m³
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

114 di 151

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.428
2	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.413
3	22.0	.00	.00	8.01	320.22	56.397
4	22.0	.00	.00	8.00	320.22	56.382
5	22.0	.00	.00	8.00	320.22	56.366

Carico totale = 281.987 MN

pag./ 3

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	110.0	101.3	105.6	.4	15000.
.8	109.7	84.4	97.0	1.3	15000.
1.3	108.7	68.9	88.8	2.1	15000.
1.8	106.8	55.4	81.1	3.0	15000.
2.3	104.1	44.2	74.1	3.8	15000.
2.8	100.5	35.2	67.8	4.7	15000.
3.3	96.5	28.0	62.2	5.5	15000.
3.8	92.2	22.3	57.2	6.4	15000.
4.3	87.9	18.0	52.8	7.0	15000.
4.8	83.5	14.5	49.0	7.3	15000.
5.3	79.4	11.9	45.5	7.7	15000.
5.8	75.4	9.7	42.5	8.0	15000.
6.3	71.7	8.1	39.8	8.4	15000.
6.8	68.2	6.8	37.4	8.7	15000.
7.3	65.0	5.7	35.2	9.1	15000.
7.8	61.9	4.8	33.3	9.5	30000.
8.3	59.1	4.1	31.5	9.9	30000.
8.8	56.5	3.6	29.9	10.4	30000.
9.3	54.1	3.1	28.4	10.8	30000.
9.8	51.9	2.7	27.1	11.3	30000.
10.3	49.8	2.3	25.9	11.7	30000.
10.8	47.9	2.1	24.8	12.2	30000.
11.3	46.1	1.8	23.8	12.6	30000.
11.8	44.4	1.6	22.8	13.1	30000.
12.3	42.8	1.4	21.9	13.5	30000.
12.8	41.3	1.3	21.1	14.0	30000.
13.3	39.9	1.2	20.3	14.4	30000.
13.8	38.6	1.0	19.6	14.9	30000.
14.3	37.4	.9	18.9	15.3	30000.
14.8	36.3	.9	18.3	15.8	30000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

115 di 151

15.3	35.2	.8	17.7	16.2	30000.
16.0	33.7	.7	16.9	16.9	60000.
17.0	31.9	.6	16.0	17.8	60000.
17.9	30.3	.5	15.1	18.6	60000.
18.9	28.8	.4	14.3	19.5	60000.
19.9	27.5	.4	13.6	20.4	60000.
20.9	26.2	.3	12.9	21.3	60000.
21.8	25.1	.3	12.3	22.2	60000.
22.8	24.1	.2	11.8	23.0	60000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi

S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato appoggio spalla

Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	32.8			
.5	32.6	.0	.5	.2
1.0	31.9	.5	1.0	.6
1.5	30.9	1.0	1.5	1.0
2.0	29.7	1.5	2.0	1.3
2.5	28.2	2.0	2.5	1.5
3.0	26.5	2.5	3.0	1.6
3.5	24.8	3.0	3.5	1.7
4.0	23.1	3.5	4.0	1.7
4.5	21.3	4.0	4.5	1.7
5.0	19.6	4.5	5.0	1.7
5.5	17.9	5.0	5.5	1.7
6.0	16.3	5.5	6.0	1.6
6.5	14.7	6.0	6.5	1.6
7.0	13.1	6.5	7.0	1.5
7.5	11.6	7.0	7.5	1.5
8.0	10.9	7.5	8.0	.7
8.5	10.2	8.0	8.5	.7
9.0	9.6	8.5	9.0	.7
9.5	8.9	9.0	9.5	.6
10.0	8.3	9.5	10.0	.6
10.5	7.7	10.0	10.5	.6
11.0	7.2	10.5	11.0	.6
11.5	6.6	11.0	11.5	.6
12.0	6.1	11.5	12.0	.5
12.5	5.5	12.0	12.5	.5
13.0	5.0	12.5	13.0	.5

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

116 di 151

13.5	4.6	13.0	13.5	.5
14.0	4.1	13.5	14.0	.5
14.5	3.6	14.0	14.5	.5
15.0	3.2	14.5	15.0	.4
15.5	2.8	15.0	15.5	.4
16.5	2.3	15.5	16.5	.4
17.4	2.0	16.5	17.4	.4
18.4	1.6	17.4	18.4	.4
19.4	1.3	18.4	19.4	.3
20.4	.9	19.4	20.4	.3
21.4	.6	20.4	21.4	.3
22.3	.3	21.4	22.3	.3
23.3	.0	22.3	23.3	.3

Cedimento totale = 32.8 mm

pag./ 5

TIBURTINA-SOMIOVIA Rilevato appoggio spalla
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	55.8	52.8	54.3	.4	15000.
.8	55.2	48.5	51.8	1.3	15000.
1.3	55.1	44.2	49.6	2.1	15000.
1.8	54.9	40.2	47.5	3.0	15000.
2.3	54.6	36.3	45.4	3.8	15000.
2.8	54.2	32.6	43.4	4.7	15000.
3.3	53.8	29.3	41.5	5.5	15000.
3.8	53.2	26.2	39.6	6.4	15000.
4.3	52.5	23.4	37.9	7.0	15000.
4.8	51.7	20.9	36.2	7.3	15000.
5.3	50.8	18.6	34.6	7.7	15000.
5.8	49.8	16.6	33.1	8.0	15000.
6.3	48.8	14.8	31.7	8.4	15000.
6.8	47.8	13.2	30.4	8.7	15000.
7.3	46.7	11.8	29.1	9.1	15000.
7.8	45.6	10.6	27.9	9.5	30000.
8.3	44.5	9.5	26.8	9.9	30000.
8.8	43.4	8.5	25.8	10.4	30000.
9.3	42.3	7.6	24.8	10.8	30000.
9.8	41.3	6.9	23.9	11.3	30000.
10.3	40.2	6.2	23.1	11.7	30000.
10.8	39.2	5.6	22.2	12.2	30000.
11.3	38.2	5.1	21.5	12.6	30000.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

117 di 151

11.8	37.2	4.6	20.8	13.1	30000.
12.3	36.3	4.2	20.1	13.5	30000.
12.8	35.4	3.9	19.4	14.0	30000.
13.3	34.5	3.5	18.8	14.4	30000.
13.8	33.7	3.2	18.2	14.9	30000.
14.3	32.9	3.0	17.7	15.3	30000.
14.8	32.1	2.7	17.2	15.8	30000.
15.3	31.3	2.5	16.7	16.2	30000.
16.0	30.3	2.2	16.0	16.9	60000.
17.0	29.0	1.9	15.2	17.8	60000.
17.9	27.7	1.7	14.4	18.6	60000.
18.9	26.6	1.4	13.7	19.5	60000.
19.9	25.5	1.3	13.1	20.4	60000.
20.9	24.5	1.1	12.5	21.3	60000.
21.8	23.6	1.0	12.0	22.2	60000.
22.8	22.8	.9	11.5	23.0	60000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi

S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 6

TIBURTINA-SOTIOVIA Rilevato approccio spalla

Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 2

X = 4.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	17.9			
.5	17.8	.0	.5	.1
1.0	17.6	.5	1.0	.2
1.5	17.4	1.0	1.5	.3
2.0	17.0	1.5	2.0	.4
2.5	16.5	2.0	2.5	.5
3.0	16.0	2.5	3.0	.5
3.5	15.4	3.0	3.5	.6
4.0	14.7	3.5	4.0	.7
4.5	14.0	4.0	4.5	.7
5.0	13.2	4.5	5.0	.8
5.5	12.4	5.0	5.5	.8
6.0	11.6	5.5	6.0	.8
6.5	10.7	6.0	6.5	.9
7.0	9.8	6.5	7.0	.9
7.5	9.0	7.0	7.5	.9
8.0	8.5	7.5	8.0	.4
8.5	8.1	8.0	8.5	.4
9.0	7.7	8.5	9.0	.4
9.5	7.2	9.0	9.5	.4



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
118 di 151

10.0	6.8	9.5	10.0	.4
10.5	6.4	10.0	10.5	.4
11.0	5.9	10.5	11.0	.4
11.5	5.5	11.0	11.5	.4
12.0	5.1	11.5	12.0	.4
12.5	4.7	12.0	12.5	.4
13.0	4.3	12.5	13.0	.4
13.5	3.9	13.0	13.5	.4
14.0	3.5	13.5	14.0	.4
14.5	3.2	14.0	14.5	.4
15.0	2.8	14.5	15.0	.4
15.5	2.4	15.0	15.5	.4
16.5	2.1	15.5	16.5	.3
17.4	1.8	16.5	17.4	.3
18.4	1.4	17.4	18.4	.3
19.4	1.1	18.4	19.4	.3
20.4	.8	19.4	20.4	.3
21.4	.5	20.4	21.4	.3
22.3	.3	21.4	22.3	.3
23.3	.0	22.3	23.3	.3

Cedimento totale = 17.9 mm

pag./ 7

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	.0	2.9	1.5	.4	15000.
.8	.1	8.5	4.3	1.3	15000.
1.3	.6	13.3	7.0	2.1	15000.
1.8	1.5	17.2	9.4	3.0	15000.
2.3	2.8	20.1	11.4	3.8	15000.
2.8	4.5	21.9	13.2	4.7	15000.
3.3	6.3	22.9	14.6	5.5	15000.
3.8	8.3	23.3	15.7	6.4	15000.
4.3	10.2	23.1	16.6	7.0	15000.
4.8	12.0	22.6	17.2	7.3	15000.
5.3	13.8	21.8	17.7	7.7	15000.
5.8	15.3	20.9	18.0	8.0	15000.
6.3	16.7	19.8	18.2	8.4	15000.
6.8	18.0	18.7	18.2	8.7	15000.
7.3	19.0	17.6	18.2	9.1	15000.
7.8	19.9	16.6	18.1	9.5	30000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
119 di 151

8.3	20.7	15.5	18.0	9.9	30000.
8.8	21.4	14.5	17.8	10.4	30000.
9.3	21.9	13.5	17.6	10.8	30000.
9.8	22.3	12.6	17.3	11.3	30000.
10.3	22.7	11.8	17.1	11.7	30000.
10.8	22.9	11.0	16.8	12.2	30000.
11.3	23.1	10.3	16.5	12.6	30000.
11.8	23.2	9.6	16.2	13.1	30000.
12.3	23.3	8.9	15.9	13.5	30000.
12.8	23.3	8.3	15.6	14.0	30000.
13.3	23.3	7.8	15.3	14.4	30000.
13.8	23.2	7.3	15.0	14.9	30000.
14.3	23.1	6.8	14.7	15.3	30000.
14.8	23.0	6.3	14.4	15.8	30000.
15.3	22.8	5.9	14.1	16.2	30000.
16.0	22.5	5.4	13.7	16.9	60000.
17.0	22.1	4.8	13.2	17.8	60000.
17.9	21.7	4.2	12.7	18.6	60000.
18.9	21.3	3.8	12.2	19.5	60000.
19.9	20.8	3.3	11.7	20.4	60000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 8

TIBURTINA-SOTTOVIA Rilevato approccio spalla
Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 3

X = 8.00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	-.1			
.5	.0	.0	.5	-.1
1.0	.2	.5	1.0	-.2
1.5	.5	1.0	1.5	-.3
2.0	.9	1.5	2.0	-.4
2.5	1.3	2.0	2.5	-.4
3.0	1.7	2.5	3.0	-.4
3.5	2.2	3.0	3.5	-.4
4.0	2.5	3.5	4.0	-.4
4.5	2.9	4.0	4.5	-.3
5.0	3.1	4.5	5.0	-.3
5.5	3.3	5.0	5.5	-.2
6.0	3.5	5.5	6.0	-.1
6.5	3.5	6.0	6.5	-.1
7.0	3.5	6.5	7.0	.0
7.5	3.5	7.0	7.5	.0



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

120 di 151

8.0	3.5	7.5	8.0	.0
8.5	3.4	8.0	8.5	.1
9.0	3.3	8.5	9.0	.1
9.5	3.2	9.0	9.5	.1
10.0	3.1	9.5	10.0	.1
10.5	3.0	10.0	10.5	.1
11.0	2.8	10.5	11.0	.2
11.5	2.6	11.0	11.5	.2
12.0	2.5	11.5	12.0	.2
12.5	2.3	12.0	12.5	.2
13.0	2.1	12.5	13.0	.2
13.5	1.9	13.0	13.5	.2
14.0	1.7	13.5	14.0	.2
14.5	1.5	14.0	14.5	.2
15.0	1.3	14.5	15.0	.2
15.5	1.1	15.0	15.5	.2
16.5	.9	15.5	16.5	.2
17.4	.6	16.5	17.4	.2
18.4	.4	17.4	18.4	.2
19.4	.2	18.4	19.4	.2
20.4	.0	19.4	20.4	.2

Cedimento totale = -.1 mm



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
121 di 151

RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA – CEDIMENTI TOTALI

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidezza nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle
Rilevato illimitato - cedimento totale

Coefficiente di Frolich = 4
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondita' falda = 4.0 m
Coefficiente di Poisson = .30

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m ³	G eff kN/m ³	N dv
1	.0	3.0	20000.	20000.	18.0	8.0	6
2	3.0	15.0	20000.	20000.	18.0	8.0	24
3	15.0	24.0	30000.	30000.	19.0	9.0	18
4	24.0	29.0	50000.	50000.	19.0	9.0	10
5	29.0	80.0	50000.	50000.	19.0	9.0	12

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondita' inizio strato
Z fin = profondita' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 9.5 m
Larghezza sommita' = 11.0 m
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m³
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

Quota banca = 5.4 m
Larghezza banca = 2.5 m

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

122 di 151

pag./ 2

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle
 Rilevato illimitato - cedimento totale

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	54.0	.00	.00	40.45	1109.97	2424.437
2	54.0	.00	.00	32.35	1109.97	1938.960
3	27.3	.00	.00	21.25	1109.97	644.693
4	27.3	.00	.00	17.15	1109.97	520.308
5	27.3	.00	.00	13.05	1109.97	395.924

Carico totale = 5924.322 MN

pag./ 3

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle
 Rilevato illimitato - cedimento totale

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	190.0	94.9	95.0	.5	20000.
.8	190.0	94.3	94.8	1.4	20000.
1.3	190.0	93.2	94.4	2.3	20000.
1.8	189.9	91.5	93.8	3.2	20000.
2.3	189.8	89.5	93.1	4.1	20000.
2.8	189.6	87.0	92.2	5.0	20000.
3.3	189.3	84.4	91.2	5.8	20000.
3.8	188.8	81.5	90.1	6.8	20000.
4.3	188.2	78.5	88.9	7.4	20000.
4.8	187.5	75.5	87.7	7.8	20000.
5.3	186.6	72.5	86.4	8.2	20000.
5.8	185.6	69.5	85.0	8.6	20000.
6.3	184.5	66.6	83.7	9.0	20000.
6.8	183.2	63.7	82.3	9.4	20000.
7.3	181.8	60.9	80.9	9.8	20000.
7.8	180.4	58.2	79.5	10.2	20000.
8.3	178.9	55.6	78.2	10.6	20000.
8.8	177.3	53.1	76.8	11.0	20000.



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
123 di 151

9.3	175.7	50.7	75.5	11.4	20000.
9.8	174.0	48.4	74.1	11.8	20000.
10.3	172.2	46.3	72.8	12.2	20000.
10.8	170.5	44.2	71.5	12.6	20000.
11.3	168.7	42.2	70.3	13.0	20000.
11.8	166.9	40.2	69.0	13.4	20000.
12.3	165.1	38.4	67.8	13.8	20000.
12.8	163.3	36.7	66.6	14.2	20000.
13.3	161.4	35.0	65.5	14.6	20000.
13.8	159.6	33.4	64.3	15.0	20000.
14.3	157.8	31.9	63.2	15.4	20000.
14.8	155.9	30.5	62.1	15.8	20000.
15.3	154.1	29.1	61.1	16.2	30000.
15.8	152.3	27.8	60.1	16.7	30000.
16.3	150.5	26.6	59.0	17.1	30000.
16.8	148.7	25.4	58.1	17.6	30000.
17.3	147.0	24.3	57.1	18.0	30000.
17.8	145.2	23.3	56.2	18.5	30000.
18.3	143.5	22.2	55.2	18.9	30000.
18.8	141.8	21.3	54.3	19.4	30000.
19.3	140.1	20.4	53.5	19.8	30000.
19.8	138.4	19.5	52.6	20.3	30000.
20.3	136.7	18.7	51.8	20.7	30000.
20.8	135.1	17.9	51.0	21.2	30000.
21.3	133.5	17.1	50.2	21.6	30000.
21.8	131.9	16.4	49.4	22.1	30000.
22.3	130.3	15.7	48.7	22.5	30000.
22.8	128.8	15.1	47.9	23.0	30000.
23.3	127.2	14.5	47.2	23.4	30000.
23.8	125.7	13.9	46.5	23.9	30000.
24.3	124.3	13.3	45.9	24.3	50000.
24.8	122.8	12.8	45.2	24.8	50000.
25.3	121.4	12.3	44.5	25.2	50000.
25.8	120.0	11.8	43.9	25.7	50000.
26.3	118.6	11.4	43.3	26.1	50000.
26.8	117.2	10.9	42.7	26.6	50000.
27.3	115.9	10.5	42.1	27.0	50000.
27.8	114.5	10.1	41.5	27.5	50000.
28.3	113.2	9.7	41.0	27.9	50000.
28.8	112.0	9.4	40.4	28.4	50000.
31.1	106.2	7.8	38.0	30.5	50000.
35.4	96.9	5.8	34.2	34.3	50000.
39.6	89.0	4.4	31.1	38.2	50000.
43.9	82.1	3.4	28.5	42.0	50000.
48.1	76.0	2.7	26.2	45.8	50000.
52.4	70.8	2.1	24.3	49.6	50000.
56.6	66.1	1.7	22.6	53.5	50000.
60.9	62.0	1.4	21.1	57.3	50000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle
Rilevato illimitato - cedimento totale

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

124 di 151

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	195.8			
.5	192.4	.0	.5	3.3
1.0	189.1	.5	1.0	3.3
1.5	185.8	1.0	1.5	3.3
2.0	182.4	1.5	2.0	3.4
2.5	179.0	2.0	2.5	3.4
3.0	175.6	2.5	3.0	3.4
3.5	172.2	3.0	3.5	3.4
4.0	168.8	3.5	4.0	3.4
4.5	165.3	4.0	4.5	3.4
5.0	161.9	4.5	5.0	3.5
5.5	158.4	5.0	5.5	3.5
6.0	154.9	5.5	6.0	3.5
6.5	151.4	6.0	6.5	3.5
7.0	147.9	6.5	7.0	3.5
7.5	144.5	7.0	7.5	3.5
8.0	141.0	7.5	8.0	3.5
8.5	137.5	8.0	8.5	3.5
9.0	134.1	8.5	9.0	3.5
9.5	130.6	9.0	9.5	3.4
10.0	127.2	9.5	10.0	3.4
10.5	123.8	10.0	10.5	3.4
11.0	120.4	10.5	11.0	3.4
11.5	117.0	11.0	11.5	3.4
12.0	113.6	11.5	12.0	3.4
12.5	110.3	12.0	12.5	3.3
13.0	107.0	12.5	13.0	3.3
13.5	103.7	13.0	13.5	3.3
14.0	100.5	13.5	14.0	3.3
14.5	97.2	14.0	14.5	3.2
15.0	94.0	14.5	15.0	3.2
15.5	91.9	15.0	15.5	2.1
16.0	89.8	15.5	16.0	2.1
16.5	87.7	16.0	16.5	2.1
17.0	85.7	16.5	17.0	2.1
17.5	83.6	17.0	17.5	2.0
18.0	81.6	17.5	18.0	2.0
18.5	79.6	18.0	18.5	2.0
19.0	77.6	18.5	19.0	2.0
19.5	75.7	19.0	19.5	2.0
20.0	73.7	19.5	20.0	1.9
20.5	71.8	20.0	20.5	1.9
21.0	69.9	20.5	21.0	1.9
21.5	68.0	21.0	21.5	1.9
22.0	66.1	21.5	22.0	1.9
22.5	64.3	22.0	22.5	1.8
23.0	62.4	22.5	23.0	1.8
23.5	60.6	23.0	23.5	1.8
24.0	58.8	23.5	24.0	1.8



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

125 di 151

24.5	57.8	24.0	24.5	1.1
25.0	56.7	24.5	25.0	1.1
25.5	55.7	25.0	25.5	1.0
26.0	54.6	25.5	26.0	1.0
26.5	53.6	26.0	26.5	1.0
27.0	52.6	26.5	27.0	1.0
27.5	51.6	27.0	27.5	1.0
28.0	50.6	27.5	28.0	1.0
28.5	49.6	28.0	28.5	1.0
29.0	48.7	28.5	29.0	1.0
33.3	40.8	29.0	33.3	7.9
37.5	33.6	33.3	37.5	7.2
41.8	26.9	37.5	41.8	6.7
46.0	20.8	41.8	46.0	6.2
50.3	15.0	46.0	50.3	5.7
54.5	9.7	50.3	54.5	5.3
58.8	4.7	54.5	58.8	5.0
63.0	.0	58.8	63.0	4.7

Cedimento totale = 195.8 mm



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
126 di 151

RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA - CEDIMENTI IMMEDIATI

*** CED ***

Programma per l'analisi dei cedimenti
per aree di carico di rigidità nulla

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMPA N-Rilevato approccio spalle
Rilevato illimitato - cedimento immediato

Coefficiente di Frolich = 3
S'z a quota piano di posa = .0 kPa
Profondità falda = 4.0 m
Coefficiente di Poisson = .50

Caratteristiche stratigrafiche e meccaniche

n.	Z in m	Z fin m	E in kPa	E fin kPa	G nat kN/m ³	G eff kN/m ³	N dv
1	.0	3.0	20000.	20000.	18.0	8.0	6
2	3.0	15.0	30000.	30000.	18.0	8.0	24
3	15.0	24.0	35000.	35000.	19.0	9.0	18
4	24.0	29.0	55000.	55000.	19.0	9.0	10
5	29.0	80.0	55000.	55000.	19.0	9.0	12

S'z = tensione verticale efficace litostatica
Z in = profondità' inizio strato
Z fin = profondità' fine strato
E in = modulo elastico inizio strato
E fin = modulo elastico fine strato
G nat = peso di volume naturale
G eff = peso di volume efficace
N dv = numero suddivisioni dello strato

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva = 9.5 m
Larghezza sommità' = 11.0 m
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)
Peso di volume = 20.0 kN/m³
Sovraccarico in sommità' = .0 kPa

Quota banca = 5.4 m
Larghezza banca = 2.5 m

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

127 di 151

pag./ 2

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

Caratteristiche delle aree di carico equivalenti al rilevato

N.	Press. kPa	X c m	Y c m	X lato m	Y lato m	Carico MN
1	54.0	.00	.00	40.45	1109.97	2424.437
2	54.0	.00	.00	32.35	1109.97	1938.960
3	27.3	.00	.00	21.25	1109.97	644.693
4	27.3	.00	.00	17.15	1109.97	520.308
5	27.3	.00	.00	13.05	1109.97	395.924

Carico totale = 5924.322 MN

pag./ 3

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	190.0	184.9	187.5	.5	20000.
.8	190.0	174.8	182.4	1.4	20000.
1.3	189.9	164.9	177.4	2.3	20000.
1.8	189.6	155.2	172.4	3.2	20000.
2.3	189.2	145.9	167.5	4.1	20000.
2.8	188.6	137.0	162.8	5.0	20000.
3.3	187.8	128.6	158.2	5.8	30000.
3.8	186.8	120.6	153.7	6.8	30000.
4.3	185.6	113.1	149.3	7.4	30000.
4.8	184.3	106.1	145.1	7.8	30000.
5.3	182.8	99.5	141.1	8.2	30000.
5.8	181.1	93.4	137.2	8.6	30000.
6.3	179.4	87.7	133.5	9.0	30000.
6.8	177.5	82.3	129.9	9.4	30000.
7.3	175.6	77.4	126.4	9.8	30000.
7.8	173.5	72.8	123.1	10.2	30000.
8.3	171.5	68.4	119.9	10.6	30000.

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
 Lavori di Potenziamento dello
 Svincolo Tiburtina
 1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
128 di 151

8.8	169.4	64.4	116.8	11.0	30000.
9.3	167.3	60.7	113.9	11.4	30000.
9.8	165.1	57.1	111.1	11.8	30000.
10.3	163.0	53.9	108.3	12.2	30000.
10.8	160.8	50.8	105.7	12.6	30000.
11.3	158.7	48.0	103.2	13.0	30000.
11.8	156.5	45.3	100.8	13.4	30000.
12.3	154.4	42.8	98.5	13.8	30000.
12.8	152.2	40.4	96.2	14.2	30000.
13.3	150.1	38.2	94.1	14.6	30000.
13.8	148.0	36.2	92.0	15.0	30000.
14.3	146.0	34.3	90.0	15.4	30000.
14.8	143.9	32.5	88.1	15.8	30000.
15.3	141.9	30.8	86.2	16.2	35000.
15.8	139.9	29.2	84.4	16.7	35000.
16.3	138.0	27.7	82.7	17.1	35000.
16.8	136.0	26.3	81.0	17.6	35000.
17.3	134.1	25.0	79.4	18.0	35000.
17.8	132.3	23.7	77.8	18.5	35000.
18.3	130.4	22.5	76.3	18.9	35000.
18.8	128.6	21.4	74.9	19.4	35000.
19.3	126.8	20.4	73.5	19.8	35000.
19.8	125.1	19.4	72.1	20.3	35000.
20.3	123.4	18.5	70.8	20.7	35000.
20.8	121.7	17.6	69.5	21.2	35000.
21.3	120.1	16.8	68.3	21.6	35000.
21.8	118.4	16.1	67.1	22.1	35000.
22.3	116.9	15.3	65.9	22.5	35000.
22.8	115.3	14.6	64.8	23.0	35000.
23.3	113.8	14.0	63.7	23.4	35000.
23.8	112.3	13.4	62.6	23.9	35000.
24.3	110.8	12.8	61.6	24.3	55000.
24.8	109.4	12.2	60.6	24.8	55000.
25.3	108.0	11.7	59.6	25.2	55000.
25.8	106.6	11.2	58.7	25.7	55000.
26.3	105.2	10.7	57.8	26.1	55000.
26.8	103.9	10.3	56.9	26.6	55000.
27.3	102.6	9.9	56.0	27.0	55000.
27.8	101.3	9.5	55.2	27.5	55000.
28.3	100.1	9.1	54.3	27.9	55000.
28.8	98.8	8.7	53.5	28.4	55000.
31.1	93.3	7.2	50.0	30.5	55000.
35.4	84.7	5.3	44.7	34.3	55000.
39.6	77.3	4.0	40.3	38.2	55000.
43.9	71.1	3.0	36.7	42.0	55000.
48.1	65.7	2.4	33.6	45.8	55000.
52.4	61.0	1.9	31.0	49.6	55000.
56.6	56.9	1.5	28.7	53.5	55000.

D S'z,x,y = incrementi di tensione indotti dai carichi
 S'z = tensione verticale efficace litostatica

pag./ 4

TIBURTINA-CAVALCAVIA RAMEA N-Rilevato appoggio spalle
 Rilevato illimitato - cedimento immediato

**Anas SpA**

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

129 di 151

RISULTATI relativi alla direttrice 1

X = .00 m Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	87.9			
.5	87.8	.0	.5	.1
1.0	87.5	.5	1.0	.3
1.5	87.0	1.0	1.5	.5
2.0	86.4	1.5	2.0	.6
2.5	85.6	2.0	2.5	.8
3.0	84.6	2.5	3.0	1.0
3.5	83.9	3.0	3.5	.7
4.0	83.0	3.5	4.0	.8
4.5	82.1	4.0	4.5	.9
5.0	81.2	4.5	5.0	1.0
5.5	80.1	5.0	5.5	1.0
6.0	79.0	5.5	6.0	1.1
6.5	77.9	6.0	6.5	1.1
7.0	76.7	6.5	7.0	1.2
7.5	75.5	7.0	7.5	1.2
8.0	74.2	7.5	8.0	1.3
8.5	72.9	8.0	8.5	1.3
9.0	71.6	8.5	9.0	1.3
9.5	70.3	9.0	9.5	1.3
10.0	68.9	9.5	10.0	1.4
10.5	67.5	10.0	10.5	1.4
11.0	66.2	10.5	11.0	1.4
11.5	64.8	11.0	11.5	1.4
12.0	63.4	11.5	12.0	1.4
12.5	62.0	12.0	12.5	1.4
13.0	60.6	12.5	13.0	1.4
13.5	59.2	13.0	13.5	1.4
14.0	57.8	13.5	14.0	1.4
14.5	56.4	14.0	14.5	1.4
15.0	55.0	14.5	15.0	1.4
15.5	53.8	15.0	15.5	1.2
16.0	52.6	15.5	16.0	1.2
16.5	51.4	16.0	16.5	1.2
17.0	50.3	16.5	17.0	1.2
17.5	49.1	17.0	17.5	1.2
18.0	47.9	17.5	18.0	1.2
18.5	46.8	18.0	18.5	1.2
19.0	45.6	18.5	19.0	1.1
19.5	44.5	19.0	19.5	1.1
20.0	43.4	19.5	20.0	1.1
20.5	42.2	20.0	20.5	1.1
21.0	41.1	20.5	21.0	1.1
21.5	40.0	21.0	21.5	1.1
22.0	38.9	21.5	22.0	1.1
22.5	37.8	22.0	22.5	1.1
23.0	36.7	22.5	23.0	1.1
23.5	35.7	23.0	23.5	1.1
24.0	34.6	23.5	24.0	1.1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

130 di 151

24.5	33.9	24.0	24.5	.7
25.0	33.3	24.5	25.0	.7
25.5	32.6	25.0	25.5	.7
26.0	32.0	25.5	26.0	.7
26.5	31.3	26.0	26.5	.6
27.0	30.7	26.5	27.0	.6
27.5	30.0	27.0	27.5	.6
28.0	29.4	27.5	28.0	.6
28.5	28.8	28.0	28.5	.6
29.0	28.2	28.5	29.0	.6
33.3	23.2	29.0	33.3	5.0
37.5	18.6	33.3	37.5	4.6
41.8	14.3	37.5	41.8	4.3
46.0	10.3	41.8	46.0	4.0
50.3	6.7	46.0	50.3	3.7
54.5	3.2	50.3	54.5	3.4
58.8	.0	54.5	58.8	3.2

Cedimento totale = 87.9 mm



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

131 di 151

RILEVATI DI APPROCCIO AL CAVALCAVIA – DECORSO CEDIMENTI NEL TAMPO

Cedimento Totale	195.00	[mm]
Cedimento immediato	87.70	[mm]
Cedimento di consolidazione	107.30	[mm]
Ceff. di consolidazione - Cv	1.30E-07	[m ² /s]
Percorso di filtrazione - H	6	[m]
Consolidazione secondaria - C α	0.0008	
Altezza per la cons. sec. - H0	12	[m]
Anno iniziale	3	
Anno finale	13	
Cedimento ammissibile	50	[mm]
Calcolo del cedimento a 3 anni		
Tv	3.42E-01	
Um	6.49E-01	< 0.95
Cedimento	157.33	[mm]
Calcolo del cedimento a 13 anni		
Tv	1.48E+00	
Um	9.72E-01	> 0.95
Cedimento	190.64	[mm]
Cedimento dal 3° al 13° anno	33.31	[mm] OK



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
132 di 151

ALLEGATO 4

***Analisi di stabilità. Elaborati di
calcolo PCSTABL - Metodologia
di calcolo generale***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

133 di 151

VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALI DELLE SCARPATE

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante un programma di calcolo denominato "STABL" (R.A. Siegel 1975) in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento, di norma a sviluppo circolare.

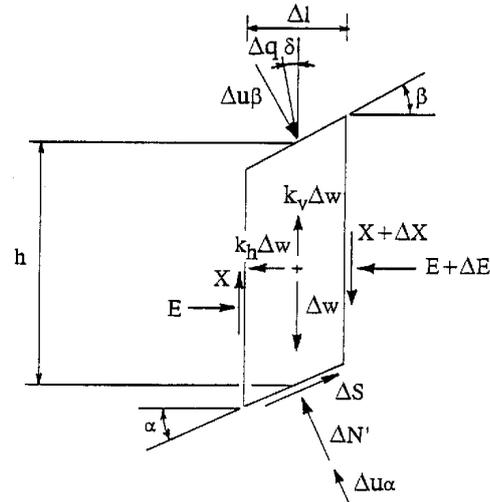
Il programma implementa il metodo di Carter (Bishop modificato - 1971), che conduce a valori del coefficiente di sicurezza ragionevolmente cautelativi.

Le modifiche riguardano essenzialmente l'estensione del metodo di Bishop a superfici diverse da quelle circolari, in particolare il programma permette di ricercare il minimo del coefficiente di sicurezza utilizzando superfici di forma qualsiasi, di solito generate con procedimenti numerici random.

Il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr-Coulomb.

Il valore che si ottiene del coefficiente di sicurezza rappresenta il rapporto fra la resistenza totale al taglio disponibile lungo la superficie di rottura e la forza totale di taglio mobilizzata lungo la stessa superficie.

Il metodo opera nell'ipotesi di stato piano di deformazione. Si può ragionevolmente ritenere che i fattori di sicurezza reali siano maggiori di quelli teorici valutati, tenuto conto dell'effetto tridimensionale. Nella figura seguente si riportano le forze che determinano l'equilibrio del concio elementare.



ove:

h = altezza media del concio

Δl = larghezza del concio

α, β = inclinazione delle superfici inferiore e superiore rispetto all'orizzontale

Δq = risultante dei carichi distribuiti sulla superficie inclinati di un angolo qualsiasi δ rispetto alla verticale

$\Delta u_\alpha, \Delta u_\beta$ = risultanti della pressione neutra sulle facce inferiore e superiore

Δw = peso totale del concio

X = azione di taglio verticale tra i concii

ΔX = incremento dell'azione tagliante verticale

E = forza orizzontale agente sulla superficie verticale del concio

ΔE = incremento della forza orizzontale

k_h, k_v = coefficienti moltiplicatori del peso Δw per tener conto di eventuali sollecitazioni sismiche orizzontali e verticali

S = risultante delle azioni tangenziali agenti alla base del concio

N' = sforzo normale agente alla base

Programma STABL - Forze agenti sul concio di terreno



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
135 di 151

ANALISI STATICA

** PCSTABL5M **

by
Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 02-16-12
Time of Run: 5:53pm
Run By:
Input Data Filename: C:ST.SI
Output Filename: C:ST.OUT
Unit: SI
Plotted Output Filename: C:ST.PLT

PROBLEM DESCRIPTION Analisi stabilit.. rilevato H=9.4m
Analisi statica SLU

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries
6 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below End
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	18.00	15.40	1
3	18.00	15.40	20.00	15.40	1
4	20.00	15.40	26.00	19.40	1
5	26.00	19.40	37.00	19.40	1
6	10.00	10.00	37.00	10.00	2

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. (KPa)	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	1
2	18.0	18.0	.0	27.5	.00	.0	1

1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

136 di 151

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	6.00
2	37.00	6.00

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (KPa)	Deflection (deg)
1	26.50	37.00	26.0	.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 10.00 m

Each Surface Terminates Between X = 26.00 m and X = 37.00 m

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is Y = 1.00 m

2.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

137 di 151

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 11 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	10.00	10.00
2	11.99	10.24
3	13.94	10.64
4	15.86	11.21
5	17.72	11.95
6	19.51	12.85
7	21.21	13.89
8	22.82	15.08
9	24.32	16.40
10	25.70	17.85
11	26.94	19.40

Circle Center At X = 8.3 ; Y = 33.1 and Radius, 23.1

*** 1.123 ***

Individual data on the 14 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force		
			Top (N)	Bot (N)	Norm (N)	Tan (N)	Hor (N)	Ver (N)	Surcharge Load (N)
1	2.0	6693.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	2.0	18668.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3	1.9	27819.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
4	1.9	34013.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
5	.3	5603.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
6	1.5	26965.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
7	.5	7196.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
8	1.2	16907.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	1.6	22144.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
10	1.5	18630.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
11	1.4	13554.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
12	.3	2302.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
13	.5	2621.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
14	.4	730.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3469.4

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point X-Surf Y-Surf



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

138 di 151

No.	(m)	(m)
1	7.78	10.00
2	9.76	9.77
3	11.76	9.77
4	13.75	10.00
5	15.70	10.47
6	17.57	11.15
7	19.36	12.05
8	21.03	13.15
9	22.56	14.44
10	23.93	15.90
11	25.12	17.51
12	26.12	19.24
13	26.18	19.40

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 26.9 and Radius, 17.2

*** 1.213 ***

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.67	10.00
2	8.63	9.60
3	10.62	9.42
4	12.62	9.45
5	14.60	9.71
6	16.55	10.17
7	18.43	10.84
8	20.23	11.72
9	21.92	12.78
10	23.49	14.02
11	24.92	15.43
12	26.18	16.98
13	27.27	18.65
14	27.64	19.40

Circle Center At X = 11.3 ; Y = 27.8 and Radius, 18.4

*** 1.226 ***

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.67	10.00



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

139 di 151

2	8.62	9.56
3	10.61	9.34
4	12.61	9.35
5	14.59	9.58
6	16.54	10.03
7	18.43	10.69
8	20.23	11.56
9	21.92	12.63
10	23.48	13.88
11	24.89	15.30
12	26.14	16.86
13	27.20	18.56
14	27.61	19.40

Circle Center At X = 11.6 ; Y = 27.1 and Radius, 17.8

*** 1.240 ***

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	1.11	10.00
2	3.07	9.61
3	5.06	9.38
4	7.06	9.30
5	9.06	9.38
6	11.04	9.62
7	13.00	10.01
8	14.93	10.55
9	16.80	11.25
10	18.62	12.09
11	20.36	13.07
12	22.02	14.18
13	23.59	15.42
14	25.06	16.78
15	26.42	18.25
16	27.32	19.40

Circle Center At X = 7.0 ; Y = 34.7 and Radius, 25.4

*** 1.242 ***

Failure Surface Specified By 18 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	.00	10.00



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

140 di 151

2	1.97	9.66
3	3.96	9.45
4	5.96	9.37
5	7.96	9.41
6	9.95	9.58
7	11.93	9.89
8	13.88	10.31
9	15.80	10.87
10	17.69	11.54
11	19.52	12.33
12	21.30	13.24
13	23.02	14.27
14	24.67	15.40
15	26.24	16.63
16	27.74	17.97
17	29.14	19.39
18	29.14	19.40

Circle Center At X = 6.3 ; Y = 40.5 and Radius, 31.1

*** 1.242 ***

1

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	10.00	10.00
2	11.99	9.83
3	13.99	9.90
4	15.97	10.22
5	17.89	10.77
6	19.73	11.55
7	21.46	12.54
8	23.07	13.74
9	24.51	15.13
10	25.77	16.68
11	26.84	18.37
12	27.33	19.40

Circle Center At X = 12.4 ; Y = 26.2 and Radius, 16.4

*** 1.252 ***

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	4.44	10.00



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

141 di 151

2	6.39	9.54
3	8.37	9.26
4	10.37	9.15
5	12.37	9.22
6	14.35	9.47
7	16.31	9.88
8	18.22	10.47
9	20.07	11.22
10	21.85	12.14
11	23.54	13.20
12	25.14	14.41
13	26.62	15.76
14	27.97	17.23
15	29.19	18.82
16	29.56	19.40

Circle Center At X = 10.6 ; Y = 31.8 and Radius, 22.7

*** 1.254 ***



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

143 di 151

ANALISI SISMICA

** PCSTABL5M **

by

Purdue University

1

--Slope Stability Analysis--
Simplified Janbu, Simplified Bishop
or Spencer's Method of Slices

Run Date: 02-16-12
Time of Run: 5:53pm
Run By:
Input Data Filename: C:SIS.SI
Output Filename: C:SIS.OUT
Unit: SI
Plotted Output Filename: C:SIS.PLT

PROBLEM DESCRIPTION Analisi stabilit.. rilevato H=9.4m
Analisi sismica SLU

BOUNDARY COORDINATES

5 Top Boundaries
6 Total Boundaries

Boundary No.	X-Left (m)	Y-Left (m)	X-Right (m)	Y-Right (m)	Soil Type Below End
1	.00	10.00	10.00	10.00	2
2	10.00	10.00	18.00	15.40	1
3	18.00	15.40	20.00	15.40	1
4	20.00	15.40	26.00	19.40	1
5	26.00	19.40	37.00	19.40	1
6	10.00	10.00	37.00	10.00	2

1

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

2 Type(s) of Soil

Soil Type No.	Total Unit Wt. (KN/m3)	Saturated Unit Wt. (KN/m3)	Cohesion Intercept (KPa)	Friction Angle (deg)	Pore Pressure Param. (KPa)	Pressure Constant (KPa)	Piez. Surface No.
1	20.0	20.0	.0	29.3	.00	.0	1
2	18.0	18.0	.0	27.5	.00	.0	1

1



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

144 di 151

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

Unit Weight of Water = 9.80

Piezometric Surface No. 1 Specified by 2 Coordinate Points

Point No.	X-Water (m)	Y-Water (m)
1	.00	6.00
2	37.00	6.00

1

BOUNDARY LOAD(S)

1 Load(s) Specified

Load No.	X-Left (m)	X-Right (m)	Intensity (KPa)	Deflection (deg)
1	26.80	37.00	20.0	.0

NOTE - Intensity Is Specified As A Uniformly Distributed Force Acting On A Horizontally Projected Surface.

A Horizontal Earthquake Loading Coefficient Of .062 Has Been Assigned

A Vertical Earthquake Loading Coefficient Of .031 Has Been Assigned

Cavitation Pressure = .0 (KPa)

1

A Critical Failure Surface Searching Method, Using A Random Technique For Generating Circular Surfaces, Has Been Specified.

100 Trial Surfaces Have Been Generated.

10 Surfaces Initiate From Each Of 10 Points Equally Spaced Along The Ground Surface Between X = .00 m and X = 9.90 m

Each Surface Terminates Between X = 26.00 m and X = 37.00 m



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE

Lavori di Potenziamento dello

Svincolo Tiburtina

1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

145 di 151

Unless Further Limitations Were Imposed, The Minimum Elevation At Which A Surface Extends Is $Y = 1.00$ m

2.00 m Line Segments Define Each Trial Failure Surface.

1

Following Are Displayed The Ten Most Critical Of The Trial Failure Surfaces Examined. They Are Ordered - Most Critical First.

* * Safety Factors Are Calculated By The Modified Bishop Method * *

Failure Surface Specified By 13 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	7.70	10.00
2	9.69	9.77
3	11.69	9.77
4	13.67	10.00
5	15.62	10.46
6	17.50	11.14
7	19.29	12.03
8	20.96	13.13
9	22.50	14.41
10	23.88	15.86
11	25.08	17.46
12	26.09	19.19
13	26.18	19.40

Circle Center At $X = 10.7$; $Y = 27.0$ and Radius, 17.3

*** 1.1000 ***

Individual data on the 17 slices

Slice No.	Width (m)	Weight (N)	Water Force		Tie Force		Earthquake Force		Surcharge (N)	Load (N)
			Top (N)	Bot (N)	Norm (N)	Tan (N)	Hor (N)	Ver (N)		
1	2.0	1261.6	.0	.0	.0	.0	78.2	39.1	.0	
2	.3	398.0	.0	.0	.0	.0	24.7	12.3	.0	
3	1.7	7996.9	.0	.0	.0	.0	495.8	247.9	.0	
4	2.0	23174.7	.0	.0	.0	.0	1436.8	718.4	.0	
5	.0	59.5	.0	.0	.0	.0	3.7	1.8	.0	
6	1.9	34444.4	.0	.0	.0	.0	2135.6	1067.8	.0	
7	1.9	41603.5	.0	.0	.0	.0	2579.4	1289.7	.0	



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

146 di 151

8	.5	12081.7	.0	.0	.0	.0	749.1	374.5	.0
9	1.3	28999.2	.0	.0	.0	.0	1798.0	899.0	.0
10	.7	13574.8	.0	.0	.0	.0	841.6	420.8	.0
11	1.0	17079.7	.0	.0	.0	.0	1058.9	529.5	.0
12	1.5	26086.9	.0	.0	.0	.0	1617.4	808.7	.0
13	1.4	20087.3	.0	.0	.0	.0	1245.4	622.7	.0
14	1.2	12640.1	.0	.0	.0	.0	783.7	391.8	.0
15	.9	4747.1	.0	.0	.0	.0	294.3	147.2	.0
16	.1	150.5	.0	.0	.0	.0	9.3	4.7	.0
17	.1	61.4	.0	.0	.0	.0	3.8	1.9	.0

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.60	10.00
2	8.56	9.60
3	10.55	9.42
4	12.55	9.45
5	14.54	9.70
6	16.48	10.16
7	18.37	10.83
8	20.17	11.70
9	21.87	12.76
10	23.44	13.99
11	24.87	15.39
12	26.14	16.93
13	27.24	18.61
14	27.64	19.40

Circle Center At X = 11.3 ; Y = 27.8 and Radius, 18.4

*** 1.1000 ***

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	1.10	10.00
2	3.06	9.61
3	5.05	9.38
4	7.05	9.30
5	9.05	9.38
6	11.03	9.62
7	12.99	10.01
8	14.92	10.55
9	16.79	11.25
10	18.61	12.08
11	20.35	13.06
12	22.02	14.18
13	23.58	15.41
14	25.05	16.77



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

147 di 151

15 26.41 18.24
16 27.32 19.40

Circle Center At X = 7.0 ; Y = 34.7 and Radius, 25.4

*** 1.1000 ***

Failure Surface Specified By 18 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	.00	10.00
2	1.97	9.66
3	3.96	9.45
4	5.96	9.37
5	7.96	9.41
6	9.95	9.58
7	11.93	9.89
8	13.88	10.31
9	15.80	10.87
10	17.69	11.54
11	19.52	12.33
12	21.30	13.24
13	23.02	14.27
14	24.67	15.40
15	26.24	16.63
16	27.74	17.97
17	29.14	19.39
18	29.14	19.40

Circle Center At X = 6.3 ; Y = 40.5 and Radius, 31.1

*** 1.1000 ***

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.60	10.00
2	8.55	9.56
3	10.54	9.34
4	12.54	9.35
5	14.53	9.57
6	16.48	10.02
7	18.36	10.68
8	20.17	11.54
9	21.86	12.61
10	23.43	13.85
11	24.85	15.26



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO
148 di 151

12	26.10	16.82
13	27.17	18.51
14	27.61	19.40

Circle Center At X = 11.5 ; Y = 27.2 and Radius, 17.9

*** 1.1000 ***

Failure Surface Specified By 12 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	9.90	10.00
2	11.89	9.81
3	13.89	9.85
4	15.87	10.12
5	17.81	10.61
6	19.68	11.32
7	21.46	12.24
8	23.12	13.35
9	24.64	14.65
10	26.01	16.11
11	27.20	17.72
12	28.17	19.40

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 27.3 and Radius, 17.5

*** 1.106 ***

1

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	4.40	10.00
2	6.35	9.54
3	8.33	9.26
4	10.32	9.15
5	12.32	9.22
6	14.31	9.46
7	16.27	9.88
8	18.18	10.46
9	20.03	11.21
10	21.81	12.12
11	23.51	13.18
12	25.10	14.39
13	26.58	15.73
14	27.94	17.20
15	29.17	18.78



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

149 di 151

16 29.57 19.40

Circle Center At X = 10.6 ; Y = 31.9 and Radius, 22.7

*** 1.107 ***

Failure Surface Specified By 15 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.60	10.00
2	8.55	9.58
3	10.54	9.33
4	12.54	9.26
5	14.54	9.37
6	16.51	9.66
7	18.46	10.12
8	20.36	10.75
9	22.19	11.56
10	23.94	12.52
11	25.60	13.64
12	27.16	14.89
13	28.59	16.29
14	29.89	17.80
15	31.04	19.40

Circle Center At X = 12.3 ; Y = 31.6 and Radius, 22.4

*** 1.152 ***

1

Failure Surface Specified By 14 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	6.60	10.00
2	8.50	9.37
3	10.46	8.98
4	12.46	8.85
5	14.45	8.97
6	16.42	9.33
7	18.32	9.95
8	20.13	10.79
9	21.82	11.86
10	23.37	13.14
11	24.74	14.59
12	25.91	16.21
13	26.87	17.96
14	27.44	19.40



Anas SpA

Area Compartimentale Lazio

AUTOSTRADA DEL GRANDE RACCORDO ANULARE
Lavori di Potenziamento dello
Svincolo Tiburtina
1° Stralcio Funzionale

RELAZIONE GEOTECNICA

DG1909

D

1701

P00 GE00 GET RE01

B

FOGLIO

150 di 151

Circle Center At X = 12.5 ; Y = 24.7 and Radius, 15.8

*** 1.165 ***

Failure Surface Specified By 16 Coordinate Points

Point No.	X-Surf (m)	Y-Surf (m)
1	3.30	10.00
2	5.18	9.31
3	7.11	8.81
4	9.09	8.53
5	11.09	8.45
6	13.09	8.58
7	15.06	8.92
8	16.98	9.46
9	18.84	10.21
10	20.61	11.14
11	22.27	12.26
12	23.81	13.54
13	25.20	14.97
14	26.43	16.55
15	27.49	18.24
16	28.06	19.40

Circle Center At X = 10.8 ; Y = 27.5 and Radius, 19.0

*** 1.174 ***

