

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO**

**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**

**U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**TRATTA NUOVA ENNA - DITTAINO (LOTTO 4B)**

**GEOTECNICA**

**RELAZIONE SUI CEDIMENTI DEI RILEVATI STRADALI**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3V 40 D 29 RH GE0005 007 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	S.Gasperoni	Gennaio 2020	M. Arcangeli	Gennaio 2020	F.Sparacino	Gennaio 2020	F. Arduini Gennaio 2020
								ITALFERR S.p.A. Direzioni Veneta Direzioni Centro Direzioni Sud Direzioni Nord Direzioni Sicilia Direzioni Calabria Direzioni Puglia Direzioni Campania Direzioni Lazio Direzioni Toscana Direzioni Umbria Direzioni Marche Direzioni Abruzzo Direzioni Molise Direzioni Basilicata Direzioni Puglia Direzioni Campania Direzioni Lazio Direzioni Toscana Direzioni Umbria Direzioni Marche Direzioni Abruzzo Direzioni Molise Direzioni Basilicata



## SOMMARIO

1	PREMESSA .....	5
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.3	PROGRAMMI DI CALCOLO.....	7
3	CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA.....	8
3.1	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE INTERCETTATE.....	8
3.2	SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	9
3.3	FALDA .....	13
4	VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI.....	14
4.1	PREMESSA .....	14
4.2	CRITERI DI VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI .....	14
4.2.1	<i>Determinazione della zona compressibile Hc .....</i>	<i>15</i>
4.2.2	<i>Terreni sabbiosi.....</i>	<i>15</i>
4.2.3	<i>Terreni argillosi e/o stratificati .....</i>	<i>16</i>
4.2.4	<i>Tipi di cedimento .....</i>	<i>16</i>
4.3	DETERMINAZIONE TEORICA DELL'ANDAMENTO NEL TEMPO DEI CEDIMENTI.....	19
4.3.1	<i>Cedimenti di consolidazione primaria .....</i>	<i>19</i>
4.3.2	<i>Cedimento secondario.....</i>	<i>21</i>
4.4	VALUTAZIONE CEDIMENTI RILEVATI STRADALI.....	22
4.4.1	<i>Risultati .....</i>	<i>32</i>
5	PIANO DI POSA RILEVATI .....	35



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	4 di 48

6	APPENDICE A. ANALISI DEI CEDIMENTI. TABULATI DI CALCOLO CED.....	36
6.1	NV01 ASSE 4-KM 0+050 – CEDIMENTI TOTALI.....	36
6.2	NV01 ASSE 4-KM 0+050 – CEDIMENTI IMMEDIATI.....	39
6.3	NV08 ASSE 11-KM 0+075 – CEDIMENTI TOTALI.....	42
6.4	NV08 ASSE 11-KM 0+075 – CEDIMENTI IMMEDIATI.....	46



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	5 di 48

## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano le valutazioni sui cedimenti dei rilevati stradali nell'ambito del Progetto Definitivo lotto 4b della tratta denominata Nuova Enna - Dittaino relativa al Nuovo Collegamento ferroviario Palermo – Catania.

In particolare, nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo;
- Piano di posa.

## 2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **Normativa di riferimento**

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 17/01/2018;
- [N.2]. Legge 05/01/1971 n°1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica;
- [N.3]. Legge 02/02/1974 n°64: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- [N.4]. C.M. 21/01/2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- [N.5]. RFI DTC SI PS MA IFS 001 C del 21/12/2018: Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture;
- [N.6]. RFI DTC SI PS SP IFS 001 C del 21/12/2018: Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e in acciaio;
- [N.7]. UNI EN 1991-1-4:2005: Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento;
- [N.8]. UNI EN 1992-1-1:2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [N.9]. UNI EN 1992-2:2006: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: Ponti;
- [N.10]. UNI EN 1993-1-1:2005: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- [N.11]. UNI EN 1993-2:2007: Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 2: Ponti;
- [N.12]. UNI EN 1998-1:2005: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
- [N.13]. UNI EN 1998-2:2006: Eurocodice 8 – Progettazione delle struttura per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti;
- [N.14]. STI 2014 –Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	7 di 48

## 2.2 Documenti di riferimento

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti documenti.

[DC1]. RS3V 40 D09 RH GE0001 001 A - Nuovo collegamento Palermo-Catania, tratta Nuova Enna - Dittaino. Progetto Definitivo. Relazione Geotecnica tratti all'aperto - Lotto 4b.

[DC2]. RS3V 40 D09 F6 GE0001 001 A ÷ RS3V 40 D09 F6 GE0001 010 A- Nuovo collegamento Palermo-Catania tratta Nuova Enna - Dittaino. Progetto Definitivo. Profilo geotecnico - Lotto 4B – 10 tavole.

## 2.3 Programmi di calcolo

Nella redazione del presente documento sono stati utilizzati i seguenti programmi di calcolo:

- "CED" - Il programma di calcolo è stato adottato per la valutazione dei cedimenti. È stato prodotto dall'ing. G. Guiducci versione di Aprile 1999 (Studio Tecnico Associato Sintesi). Il programma di calcolo è in uso gratuito. È validato ed utilizzato in svariati ambiti progettuali (Italferr, Autostrade, ecc.);

### 3 CONDIZIONI GEOTECNICHE: STRATIGRAFIA E FALDA

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base delle indagini eseguite e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici. Per la scelta dei parametri geotecnici di progetto delle unità intercettate ci si è basati sui risultati delle indagini eseguite per l'intero tracciato in progetto.

Nel seguito vengono definite le unità geotecniche intercettate. Nel profilo stratigrafico longitudinale sono mostrati i risultati di tutte le indagini eseguite e sarà utilizzato per la definizione della successione stratigrafica in corrispondenza delle singole opere in progetto e della linea in generale.

#### 3.1 Definizione delle unità geotecniche intercettate

Sulla base dei risultati delle indagini (in sito ed in laboratorio) delle campagne geognostiche, si perviene ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni e quindi alla definizione della stratigrafia e dei parametri geotecnici di progetto.

Unità geotecniche:

- **Unità R – Ripporto antropico e coltre vegetale:** si tratta del terreno intercettato a partire da p.c.; si distinguono la coltre vegetale (unità Rv) costituita prevalentemente da limo sabbioso argilloso con resti vegetali ed il terreno di riporto antropico (unità Ra) costituito da sabbia con ghiaia, laterizi, cls.
- **Unità a – Depositi eluvio colluviali:** limi argillosi e argille limose.
- **Unità b – Depositi alluvionali:** questi depositi affiorano lungo quasi tutto il tracciato sotto il riporto. Si tratta di terreni coesivi limoso argillosi, talvolta debolmente sabbiosi (**unità ba**) e terreni incoerenti: ghiaia con sabbia (**unità bg**) e sabbia localmente limosa (**unità bs**).
- **Unità bn – Depositi alluvionali terrazzati antichi:** si tratta di argille limose e limi argillosi di colore bruno e nocciola, con locali passaggi limoso-sabbiosi.
- **Unità MS2 – Sabbie di Cozzo Campana:** sabbie, talvolta con debole cementazione.
- **Unità CFR – Coltre in frana:** depositi argilloso limosi, talvolta sabbiosi con clasti appartenenti a corpi di frana quiescente.
- **Unità Cap-c / cap-s – cappellaccio alterato della ormazione di base:** si riviene generalmente in facies coesiva argilloso limosa consistente (cap-c) e localmente in facies sabbioso limosa (cap-s).
- **Unità FYN3 – Argilla limosa, marnosa grigia (Flysch Numidico):** la litofacies del sito è costituita da argilliti, argille con livelli marnoso calcarei.
- **Unità TRV/TRVa/TRVb – Formazione di Terravecchia** in cui si distinguono varie litofacies:

la litofacies argilloso marnosa (**unità TRV**) è costituita da argille marnose e marne argillose di colore grigio, grigio-azzurro e grigio-verdastro, a struttura scagliosa o sottilmente stratificata, con talvolta livelli di sabbie limose, con livelli argillitici e argillitico marnosi.

La litofacies argilloso-brecciata (**unità TRVb**), è costituita da argilla limosa debolmente marnosa a struttura brecciata con clasti poligenici.

La litofacies (**unità TRVa**) è costituita da arenarie e sabbie alternate, in subordine, con peliti.

- **Unità AVF Argille variegata:** argilla marnosa, dura, a struttura compatta, poco alterata, moderatamente fratturata

### 3.2 Sintesi parametri geotecnici di progetto

Nel seguito si sintetizzano le caratteristiche geotecniche di progetto per le varie unità geotecniche, in accordo a quanto definito nella relazione geotecnica generale, a cui si rimanda per i dettagli.

#### Unità ba – Depositi alluvionali coesivi (limoso argilloso)

$\gamma = 18.0 \div 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 24 \div 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 30 \div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 80 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 100 \div 200 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$K = 3 \cdot 10^{-8} \div 7 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$	permeabilità

#### Unità bs – Depositi alluvionali sabbiosi

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 32 \div 36^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 130 \div 220 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 150 \div 250 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$K = 5 \cdot 10^{-6} \div 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	permeabilità

#### Unità bg – Depositi alluvionali ghiaiosi

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

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	10 di 48

$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 36 \div 40$ °	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 300 \div 600$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 250 \div 350$ m/s	velocità delle onde di taglio
$K = 4 \cdot 10^{-5} \div 2 \cdot 10^{-4}$ m/s	permeabilità

**Unità bn – Depositi alluvionali terrazzati antichi (limoso argillosi)**

$\gamma = 20.0 \div 21.0$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 15$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 27 \div 30$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 100 \div 250$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 100 \div 350$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 150 \div 250$ m/s	velocità delle onde di taglio
$K = 2 \cdot 10^{-8} \div 2 \cdot 10^{-7}$ m/s	permeabilità

**Unità cap-c – cappellaccio coesivo argilloso limoso (alterazione della formazione di base)**

$\gamma = 19.5 \div 20.5$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 10$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 23 \div 27$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 50 \div 250$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 120 \div 400$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 120 \div 400$ m/s	velocità delle onde di taglio
$K = 3 \cdot 10^{-8} \div 7 \cdot 10^{-7}$ m/s	permeabilità

**Unità cap-s – cappellaccio sabbioso limoso (alterazione della formazione di base)**

$\gamma = 19.5 \div 20.5$ kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$c' = 0$ kPa	coesione drenata
$\varphi' = 34 \div 40$ °	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 120 \div 450$ MPa	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 150 \div 350$ m/s	velocità delle onde di taglio
$K = 6 \cdot 10^{-6} \div 2 \cdot 10^{-6}$ m/s	permeabilità

### Unità MS2 –sabbie di Cozzo Campana

$\gamma = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 33 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E_o = 120 \div 400 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$V_s = 150 \div 350 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio
$K = 2.5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	permeabilità

### Unità CFR – coltre in frana quiescente (argilla limosa)

$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 24^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 30 \div 200 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$c_r' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata residua
$\phi_r' = 19^\circ$	angolo di resistenza al taglio residuo
$E_o = 50 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 3 \cdot 10^{-8} \div 7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

### Unità a – Depositi di versante e di alterazione della formazione di base: argilla limosa

$\gamma = 19.0-19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 24 \div 26^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 60 \div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$E_o = 120 \div 200 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale
$k = 10^{-8} \div 3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	coefficiente di permeabilità

### Unità TRV– Formazione di Terravecchia: argilla da debolmente marnosa a marnosa

$\gamma = 19.0 \div 22.0 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \text{ kPa}$ per $\sigma'v < 150 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 26^\circ$ per $\sigma'v < 150 \text{ kPa}$	angolo di resistenza al taglio

Parametri di resistenza drenati minimi (in funzione dello stato tensionale in sito):

$c' = 10 \text{ kPa}$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  coesione drenata

$\phi' = 19^\circ$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  angolo di resistenza al taglio

Parametri di resistenza drenati massimi (in funzione dello stato tensionale in sito):

$c' = 10 \text{ kPa}$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  coesione drenata

$\phi' = 29^\circ$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  angolo di resistenza al taglio

$c_r' = 0 \text{ kPa}$  coesione drenata residua

$\phi_r' = 19^\circ$  angolo di resistenza al taglio residuo

$c_u = 200 \div 600 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate

$E_o = 400 \div 1000 \text{ MPa}$  Modulo di deformazione elastico iniziale

$V_s = 300 \div 650 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio

$k = 4 \cdot 10^{-9} \div 6 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$  coefficiente di permeabilità

#### Unità TRVa – Formazione di Terravecchia arenarie e sabbie alternate con peliti

$\gamma = 19.5 \div 21.0 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale

$c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$  coesione drenata (non ci sono ancora prove disponibili)

$\phi' = 30 \div 37^\circ$  angolo di resistenza al taglio (non ci sono ancora prove disponibili)

$c_u = 300 \div 800 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate

$E_o = 300 \div 1000 \text{ MPa}$  Modulo di deformazione elastico iniziale

$V_s = 350 \div 500 \text{ m/s}$  velocità delle onde di taglio

$k = 3 \cdot 10^{-9} \div 3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  coefficiente di permeabilità

#### Unità TRVb – Formazione di Terravecchia argillosa limosa debolmente marnosa brecciata

$\gamma = 20.5 \div 21.5 \text{ kN/m}^3$  peso di volume naturale

$c' = 5 \text{ kPa}$  per  $\sigma'v < 150 \text{ kPa}$  coesione drenata

$\phi' = 26^\circ$  per  $\sigma'v < 150 \text{ kPa}$  angolo di resistenza al taglio

$c' = 20 \text{ kPa}$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  coesione drenata

$\phi' = 19^\circ$  per  $\sigma'v > 150 \text{ kPa}$  angolo di resistenza al taglio

$c_u = 120 \div 430 \text{ kPa}$  resistenza al taglio in condizioni non drenate

$E_o = 300 \div 1000 \text{ MPa}$  Modulo di deformazione elastico iniziale

$V_s = 200 \div 700$  m/s                      velocità delle onde di taglio

$k = 1 \cdot 10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-8}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

#### Unità FYN3 – Argilla limosa, marnosa (Flysch Numidico)

$\gamma = 20.0 \div 22.5$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale

$c' = 5 \div 15$  kPa                      coesione drenata (non ci sono ancora prove disponibili)

$\phi' = 16 \div 28$  °                      angolo di resistenza al taglio (non ci sono ancora prove disponibili)

$c_u = 120 \div 300$  kPa                      resistenza al taglio in condizioni non drenate

$E_o = 300 \div 900$  MPa                      Modulo di deformazione elastico iniziale

$k = 6 \cdot 10^{-8} \div 5 \cdot 10^{-8}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

#### Unità AVF – Argille variegata: argille marnose

$\gamma = 20.0$  kN/m<sup>3</sup>                      peso di volume naturale

$c' = 10 \div 20$  kPa                      coesione drenata

$\phi' = 18 \div 27$  °                      angolo di resistenza al taglio

$c_r' = 0$  kPa                      coesione drenata residua

$\phi_r' = 13$  °                      angolo di resistenza al taglio residuo

$c_u = 150 \div 350$  kPa                      resistenza al taglio in condizioni non drenate

$E_o = 400 \div 1000$  MPa                      Modulo di deformazione elastico iniziale

$V_s = 200 \div 600$  m/s                      velocità delle onde di taglio

$k = 4 \cdot 10^{-9} \div 2 \cdot 10^{-8}$  m/s                      coefficiente di permeabilità

### 3.3 Falda

Nel profilo stratigrafico longitudinale è riportato il livello massimo di falda di progetto derivante dall'interpretazione di tutte le misure piezometriche eseguite fino a novembre 2019. Per le opere all'aperto il profilo della falda è variabile lungo il tracciato con andamento oscillante tra p.c. (in corrispondenza di incisioni fluviali, torrentizie e corsi d'acqua minori) e 10 m circa di profondità da p.c.. per il dimensionamento delle singole opere d'arte si è fatto riferimento al livello massimo di falda indicato nel profilo stratigrafico longitudinale.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	14 di 48

## 4 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI DEI RILEVATI

### 4.1 Premessa

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità globali dei rilevati stradali per la tratta in esame. In generale per tutte le viabilità, i rilevati hanno altezza variabile fino ad un massimo di circa 8 m, con pendenza delle scarpate di 2 (verticale) / 3 (orizzontale) e berma di larghezza 2 m per latezze maggiori di 5m.

### 4.2 Criteri di valutazione dei cedimenti

Si riportano nel seguito le metodologie ed i criteri di calcolo del cedimento.

L'analisi del cedimento è stata effettuata utilizzando il programma CED sviluppato dall'ing. Guiducci per l'analisi delle tensioni indotte nel sottosuolo dai carichi applicati in superficie.

Con il programma di calcolo è possibile analizzare cedimenti di rilevati illimitati sia di rilevati semi-illimitati (quali ad esempio i rilevati stradali dei cavalcaferrovia ed i rilevati di approccio alle spalle dei viadotti di linea).

Nel caso di rilevati illimitati, generalmente il calcolo è stato effettuato in corrispondenza dell'asse del rilevato (cedimento massimo).

Nel caso di rilevati semi-illimitati il cedimento viene valutato in condizione di area di carico semi – infinita; quindi si può individuare l'andamento del cedimento in asse rilevato in direzione longitudinale (tenendo eventualmente anche conto della pendenza longitudinale del rilevato), al fine di determinare la posizione (rispetto alla spalla) della sezione con cedimento massimo.

Nel seguito sono stati valutati i cedimenti di rilevati di linea e quindi illimitati ed il calcolo è stato effettuato in corrispondenza dell'asse del rilevato (cedimento massimo).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	15 di 48

#### 4.2.1 Determinazione della zona compressibile $H_c$

Viene definita convenzionalmente zona compressibile ( $H_c$ ) la profondità oltre la quale l'incremento delle tensioni verticali ( $\Delta\sigma_z$ ) risulti inferiore a  $(0.10) \cdot (\sigma'_{vo})$  (essendo  $\sigma'_{vo}$  la tensione verticale efficace litostatica) e il contributo al cedimento può essere considerato trascurabile.

#### 4.2.2 Terreni sabbiosi

Il cedimento dei rilevati poggianti su terreni sabbiosi può essere determinato ricorrendo alla teoria dell'elasticità ed alla seguente espressione:

essendo:

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

$s_t$  = cedimento totale

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico

$h_i$  = altezza dello strato  $i$ -esimo

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ )

$E_i'$  = modulo di deformazione elastico drenato dello strato  $i$ -esimo

$\nu'$  = rapporto di Poisson = 0.3

Il comportamento dei terreni a grana grossa (sabbie e ghiaie) risulta macroscopicamente diverso da quello dei terreni a grana fine (limi e argille), in virtù della marcata differenza esistente tra i valori del coefficiente di permeabilità. Avendo infatti elevata permeabilità essi si comportano come un sistema aperto con libero flusso dell'acqua e l'eventuale sovrappressione dell'acqua interstiziale, generata da una qualunque causa che ne disturbi l'equilibrio originario, si dissipa in tempi estremamente brevi. Ne consegue che, ai fini pratici, si può trascurare il moto di filtrazione transitorio e fare riferimento direttamente alle condizioni di equilibrio finale.

Il decorso del cedimento nel tempo può essere pertanto considerato rapido, praticamente contemporaneo alla costruzione dell'opera.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	16 di 48

#### 4.2.3 Terreni argillosi e/o stratificati

Nel presente paragrafo vengono illustrati i criteri utilizzati per la valutazione dei cedimenti di rilevati in terreni costituiti prevalentemente da materiali argillosi saturi e in terreni stratificati, ovvero costituiti da materiali argillosi intercalati da lenti sabbiose.

L'analisi relativa ai cedimenti viene sviluppata con riferimento ai seguenti aspetti principali:

- descrizione dei diversi tipi di cedimento (immediato, di consolidazione primaria, secondario);
- descrizione delle ipotesi di lavoro;
- determinazione teorica dell'entità dei diversi tipi di cedimento;
- determinazione teorica dell'andamento nel tempo dei cedimenti di consolidazione primaria e secondaria, assenza o presenza di dreni verticali.

#### 4.2.4 Tipi di cedimento

L'applicazione di un carico di dimensioni finite su un deposito costituito da materiali argillosi saturi comporta un processo deformativo nel terreno che tradizionalmente viene schematizzato come illustrato nella Figura 1 (vedasi ad esempio Perloff [1975]):

- a) Data la bassa permeabilità ( $k$ ) del terreno, la fase di carico avviene in condizioni non drenate con generazione di sovrappressioni interstiziali ( $\Delta u$ ); i materiali argillosi si deformano allora a volume costante ed il cedimento che ne consegue è indicato come cedimento immediato.
- b) Il trasferimento del carico dall'acqua allo scheletro solido comporta ulteriori cedimenti, la cui velocità nel tempo è legata principalmente alle caratteristiche di permeabilità dell'argilla e alle condizioni di drenaggio. Il processo è noto come consolidazione primaria ed il cedimento conseguente a tale processo è indicato come cedimento di consolidazione primaria.
- c) Ultimato il processo di consolidazione primaria, anche quando le sovrappressioni nell'acqua risultano nulle, continuano a svilupparsi nel tempo assestamenti dovuti a fenomeni di natura plastico-viscosa che avvengono in condizioni drenate; il cedimento conseguente è noto come cedimento secondario.

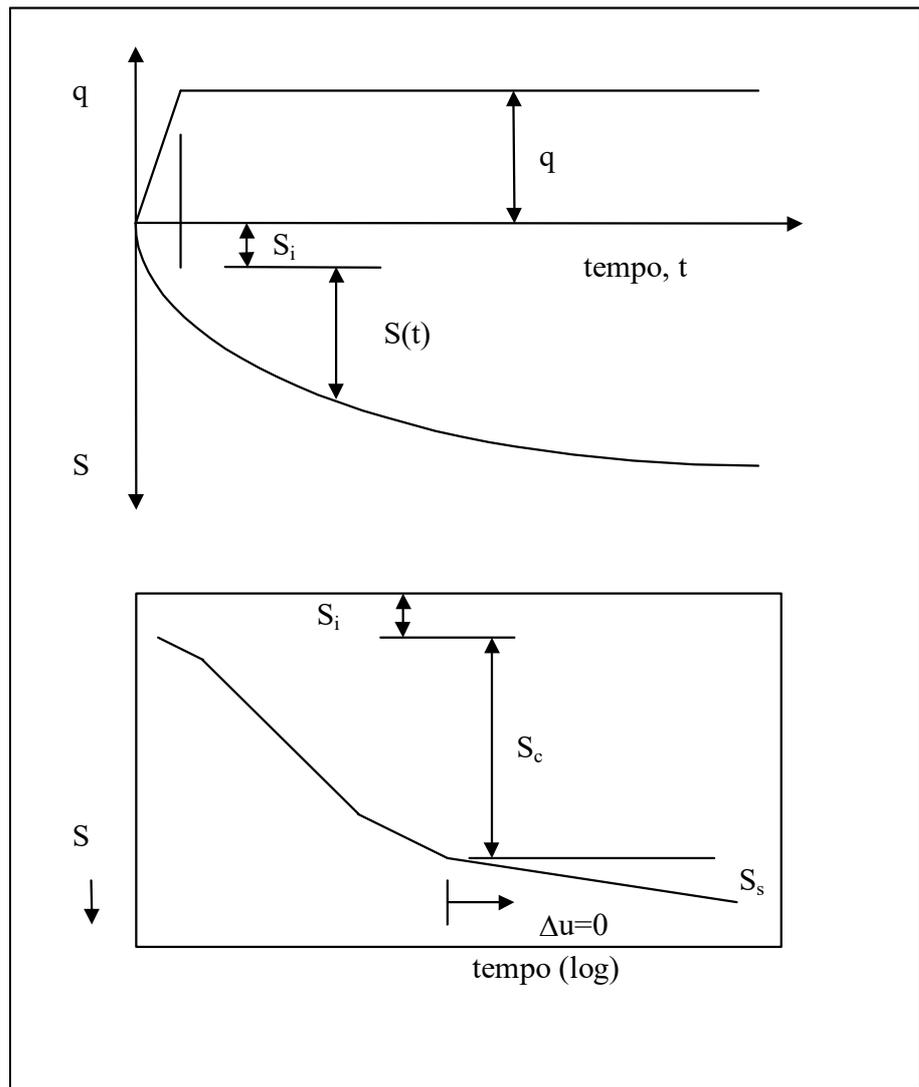


Figura 1 – Cedimenti totali, immediati e di consolidazione



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	18 di 48

*Valutazione teorica dei vari tipi di cedimento*

### Cedimento immediato

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato in argille viene stimato con la seguente espressione:

$$s_i = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu_u \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_{ui}}$$

essendo:

$s_i$  = cedimento immediato

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ )

$E_{ui}$  = modulo di deformazione non drenato dello strato i-esimo

$\nu_u$  = rapporto di Poisson = 0.5

### Cedimento totale (immediato e di consolidazione primaria)

Con riferimento alla teoria dell'elasticità il cedimento immediato e di consolidazione primaria nei terreni coesivi viene stimato con la seguente espressione (in analogia a quanto già indicato per i depositi incoerenti):

$$s_t = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta\sigma_z - \nu' \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)) \cdot h_i}{E_i'}$$

essendo:

$s_t$  = cedimento immediato e di consolidazione primaria

$\Delta\sigma_z, \Delta\sigma_x, \Delta\sigma_y$  = tensioni indotte dal carico

$h_i$  = altezza dello strato i-esimo

$n$  = numero di strati in cui è suddivisa la zona compressibile ( $H_c$ )

$E_i'$  = modulo di deformazione elastico drenato dello strato i-esimo

$\nu'$  = rapporto di Poisson = 0.3

Per definizione il cedimento di consolidazione primaria è dato dalla differenza tra  $s_t$  e  $s_i$ .

### 4.3 Determinazione teorica dell'andamento nel tempo dei cedimenti

#### 4.3.1 Cedimenti di consolidazione primaria

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;



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	20 di 48

- 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:

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

dove:

$u_o$  = sovrappressione iniziale;

$u(z,t)$  = 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

$\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua

$t$  = istante di tempo generico

$L_v$  = massimo percorso di drenaggio.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
 PROGETTO DEFINITIVO  
 TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	21 di 48

#### 4.3.2 Cedimento secondario

Il cedimento secondario nei terreni coesivi è convenzionalmente calcolato facendo riferimento alla seguente equazione:

$$s_s = \sum_1^n \log\left(\frac{t}{t_{100,i}}\right) \cdot c_{\alpha i} \cdot h_i$$

essendo:

$s_s$  = cedimento secondario;

$t$  = tempo generico a partire dall'applicazione del carico;

$t_{100,i}$  = tempo necessario all'esaurimento della consolidazione primaria nello strato argilloso  $i$ -esimo, separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

$h_i$  = altezza dello strato argilloso  $i$ -esimo separato da altri strati argillosi da lenti sabbiose continue;

$n$  = numero di strati argillosi separati tra loro da lenti sabbiose continue

$c_{\alpha i}$  = coefficiente di consolidazione secondaria nello strato  $i$ -esimo misurato da prove edometriche di laboratorio.

Nell'impiego della relazione sono implicite le seguenti ipotesi:

- monodimensionalità del problema;
- il cedimento secondario inizia dopo l'esaurimento del cedimento di consolidazione primaria;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è costante durante l'evolversi del cedimento secondario;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è indipendente dal valore dello spessore dello strato  $i$ -esimo  $h_i$ , anche se tale spessore influenza l'entità del  $t_{100}$ ;
- il valore di  $c_{\alpha}$  è indipendente dal rapporto  $\Delta\sigma_z/\sigma'_{v0}$ .

Nel caso di profili caratterizzati da più strati argillosi separati da lenti sabbiose non continue, il calcolo del cedimento secondario viene eseguito con riferimento al monostrato e ad un coefficiente di consolidazione secondaria medio pesato tra quelli relativi ai singoli strati.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	22 di 48

#### 4.4 Valutazione cedimenti rilevati stradali

La valutazione dei cedimenti è stata eseguita considerando le seguenti sezioni, ritenute rappresentative delle condizioni più gravose sia per geometria rilevato (altezza, larghezza) sia per successione stratigrafica:

- NV01 asse 4 al km 0+050, con terreno costituito dal cappellaccio alterato della formazione di base (Unità cap-c) e successivamente l'argilla marnosa della formazione di Terravecchia (Unità TRV). Questa sezione è ubicata su piano campagna un po' inclinato e quindi non è perfettamente simmetrica rispetto all'asse, quindi nel calcolo dei cedimenti è stata considerata una impronta di carico trapezoidale con area circa equivalente alla reale, costituita da un rilevato con scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale), altezza complessiva 7 m e larghezza sommitale  $B=8.6$  m, con una banca di larghezza 2 m ad altezza di 2 m. Falda a circa 4 m da p.c.
- NV08 asse 11 al km 0+075, di altezza pari a 4.3 m e larghezza sommitale 11.6 m, terreno costituito da alluvioni coesive ed incoerenti (rispettivamente Unità ba, Unità bs ed Unità bg) e successivamente la formazione di Terravecchia argilloso marnosa brecciata (Unità TRVb). Falda a circa 8 m da p.c.

L'analisi dei cedimenti dei rilevati è stata svolta in accordo alle metodologie di calcolo precedentemente esposte, con il programma di calcolo CED (G. Guiducci); nello specifico sono state eseguite le seguenti analisi per il calcolo dei cedimenti indotti dai rilevati di linea nell'ipotesi di rilevato illimitato per tutte le sezioni indicate sopra, al fine di valutare i cedimenti massimi dei rilevati ed il loro decorso nel tempo.

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 verticale risulta maggiore o uguale a 0.1 volte la tensione geostatica efficace.

Il calcolo dei cedimenti dei rilevati è stato eseguito considerando ciascuna sezione di rilevato come da figura seguente con pendenza scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale), con l'altezza massima, valutata come distanza tra quota di progetto del rilevato (piano ferro) ed il piano campagna (vedasi Hril, calcolo nella figura seguente) e la larghezza sommitale del rilevato (larghezza massima della piattaforma, dimensione B indicata in figura seguente).

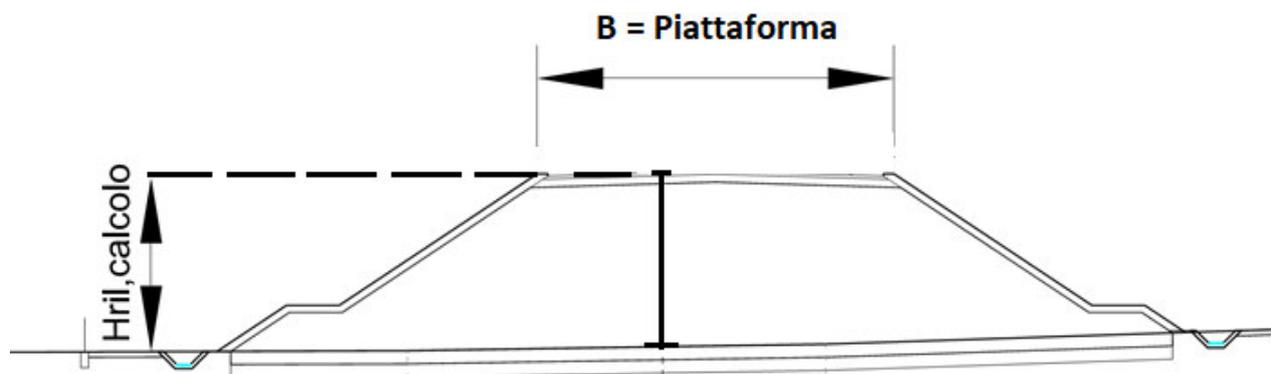


Figura 2 – Schema di calcolo

Nella seguente tabella si riassume la stratigrafia, i parametri geotecnici utilizzati per le unità geotecniche, ed il livello di falda per ciascuna sezione analizzata.

Il modulo di deformazione elastico operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati ( $E'$ ) è stato valutato dal modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) a piccole deformazioni, in particolare si è assunto  $E' = E_0/10$ . Per il valore del modulo di deformazione elastico iniziale ( $E_0$ ) è stato considerato l'andamento con la profondità definito nella relazione geotecnica generale, sulla base di tutte le indagini disponibili.

Il valore del modulo di deformazione in condizioni non drenate ( $E_u$ ), in accordo a quanto indicato nella relazione geotecnica generale, è stato stimato con la correlazione di Duncan & Buchigani (1976):  $E_u = k \cdot c_u$ , dove  $c_u$  è la resistenza al taglio non drenata e  $k$  è stato assunto pari a 450 per tutte le formazioni coesive del tracciato considerando quanto indicato nella seguente tabella.

Il valore del coefficiente di consolidazione primaria verticale ( $c_v$ ) è stato stimato mediando i risultati ottenuti dalle prove di edometriche di laboratorio, dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT e dal limite liquido attraverso la seguente correlazione NAVFAC-DM 7.1 (1971):  $c_v = 0.009 (LL - 0.1)$  in  $\text{cm}^2/\text{s}$ .

Relativamente alla viabilità NV08 (vicino al rilevato RI08) dove si hanno a disposizione sia i dati delle prove CPT sia del laboratorio, la consolidazione primaria è stata valutata con un valore del coefficiente di consolidazione primaria  $c_v = 1.0 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  (unità ba e TRVb, vedasi Figura 4). Per gli altri rilevati si è assunto un valore del coefficiente di consolidazione primaria  $c_v$  di  $4.0 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  (unità cap-c, unità TRV) (vedasi Figura 3).

Per quanto riguarda il coefficiente di consolidazione secondaria ( $c_{\alpha}$ ), con la correlazione proposta nel manuale NAVFAC-DM 7.1. (1971), che correla il coefficiente di consolidazione secondaria al contenuto naturale di acqua ( $W_n$ ), si stima un valore di  $c_{\alpha} = 0.0015$  ( $W_n = 15-20\%$ , valore medio per i depositi coesivi in esame).

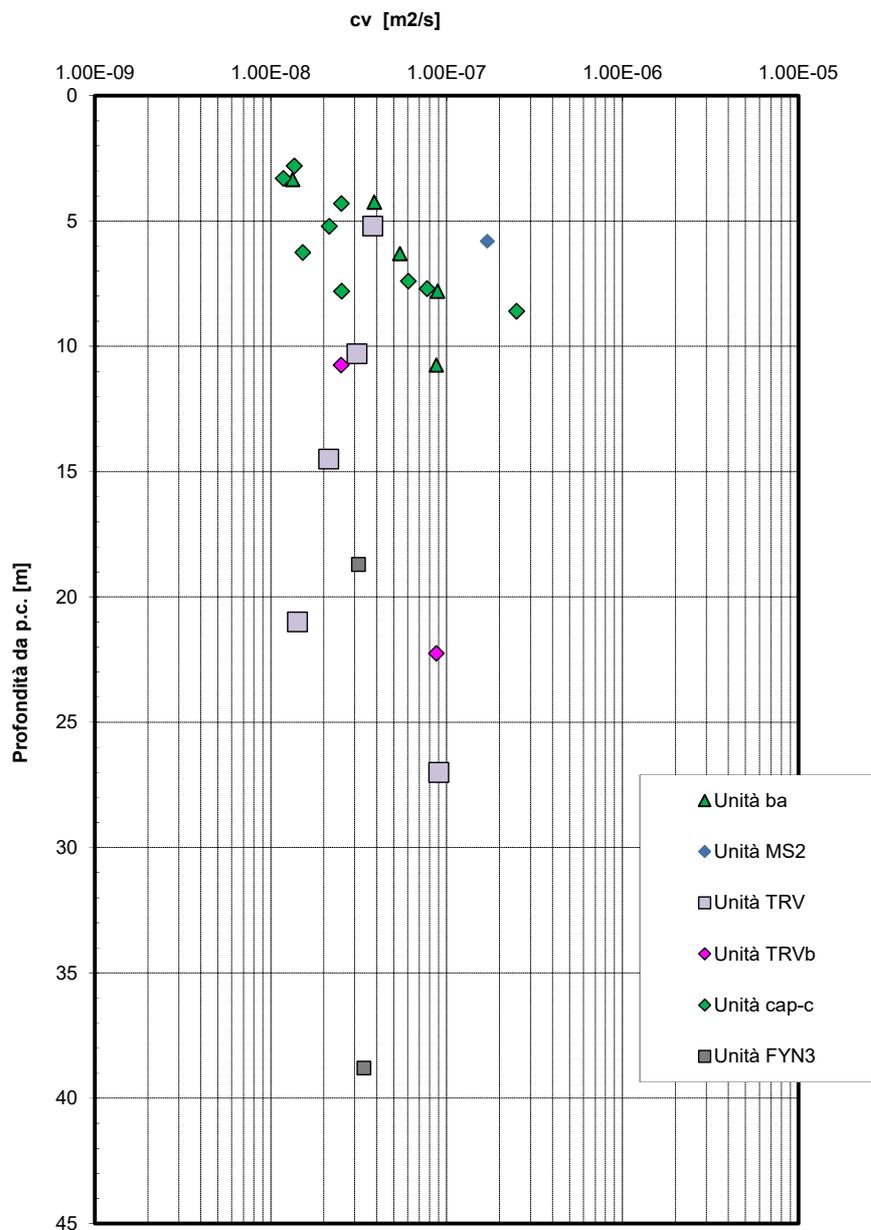


Figura 3 – Coefficiente di consolidazione verticale (laboratorio)

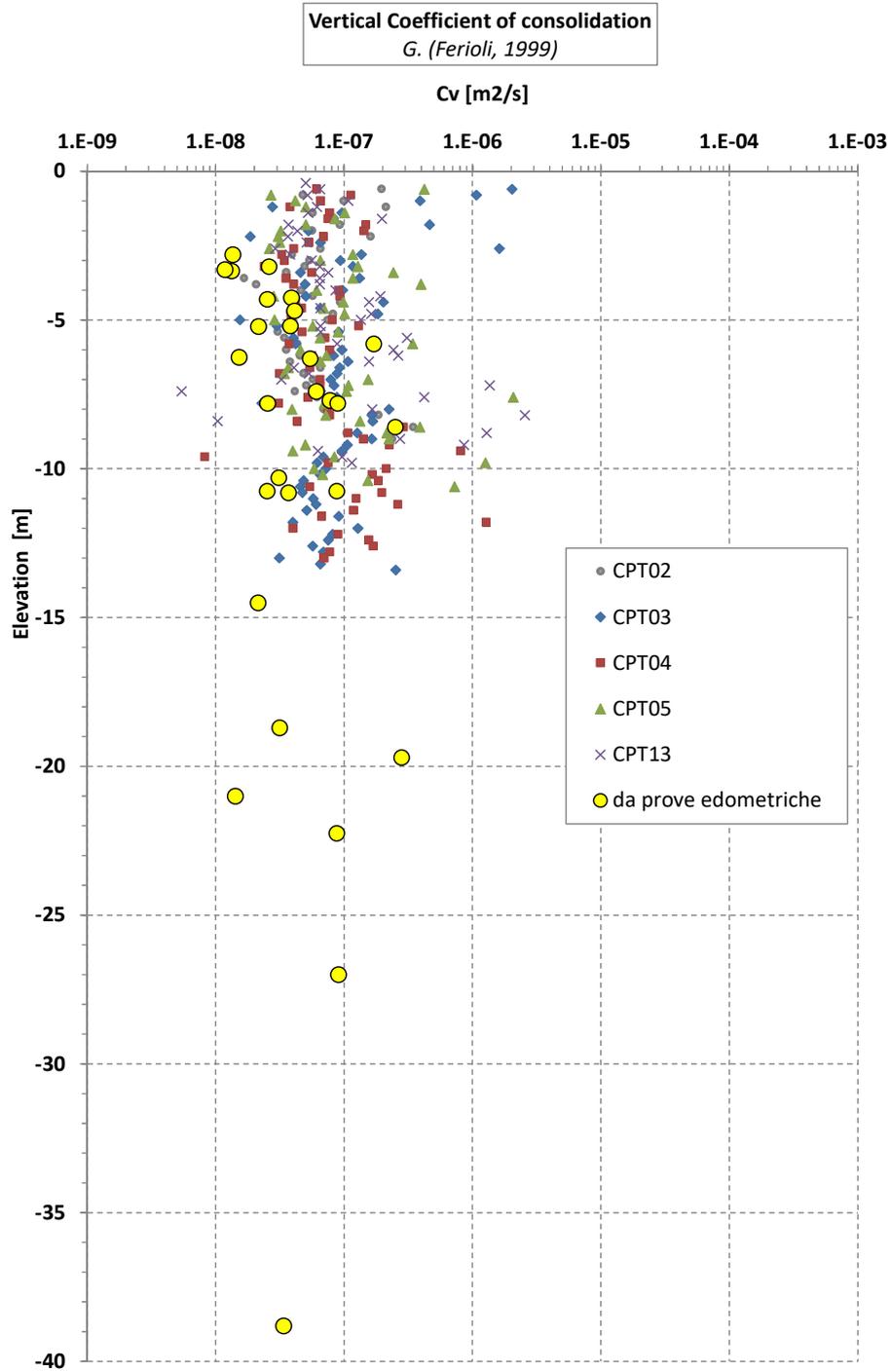


Figura 4 – Coefficiente di consolidazione verticale (da prove CPT e da laboratorio)

Nelle seguenti tabelle si sintetizzano i parametri di calcolo utilizzati per il calcolo dei cedimenti.

Nelle figure seguenti sono riportati i grafici dei parametri geotecnici con i risultati delle prove in sito e di laboratorio da cui sono stati stimati i parametri geotecnici adottati nel calcolo. Nelle seguenti tabelle sono anche indicate le indagini geotecniche prese a riferimento per la stima dei parametri delle varie sezioni di calcolo.

Il livello della falda è stato assunto da profilo geotecnico longitudinale.

*Tabella 1 – Stratigrafia e parametri di calcolo*

NV01 asse 4 - Sezione al km 0+050					
Profondità da p.c.[m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	E' [MPa]	cu [kPa]	Eu [MPa]
0.0÷10.0	cap-c	20.0	10÷20	70	31.5
10.0÷30.0	TRV	21.0	60	200	90
30.0÷40.0	TRV	21.0	80	200	90
Falda a 4 m da p.c.					

NV08 asse 11 - Sezione al km 0+075					
Profondità da p.c.[m]	Unità geotecnica	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	E' [MPa]	cu [kPa]	Eu [MPa]
0.0÷9.0	ba	19.0	6÷20	70	31.5
9.0÷12.0	bs	19.0	30	-	-
12.0÷18.0	bg	19	40	-	-
18.0÷30.0	TRVb	21.0	60	200	90
30.0÷40.0	TRVb	21.0	80	200	90
Falda a 8 m di profondità da p.c.					

**Andamento della resistenza al taglio non drenata**

cu [kPa]

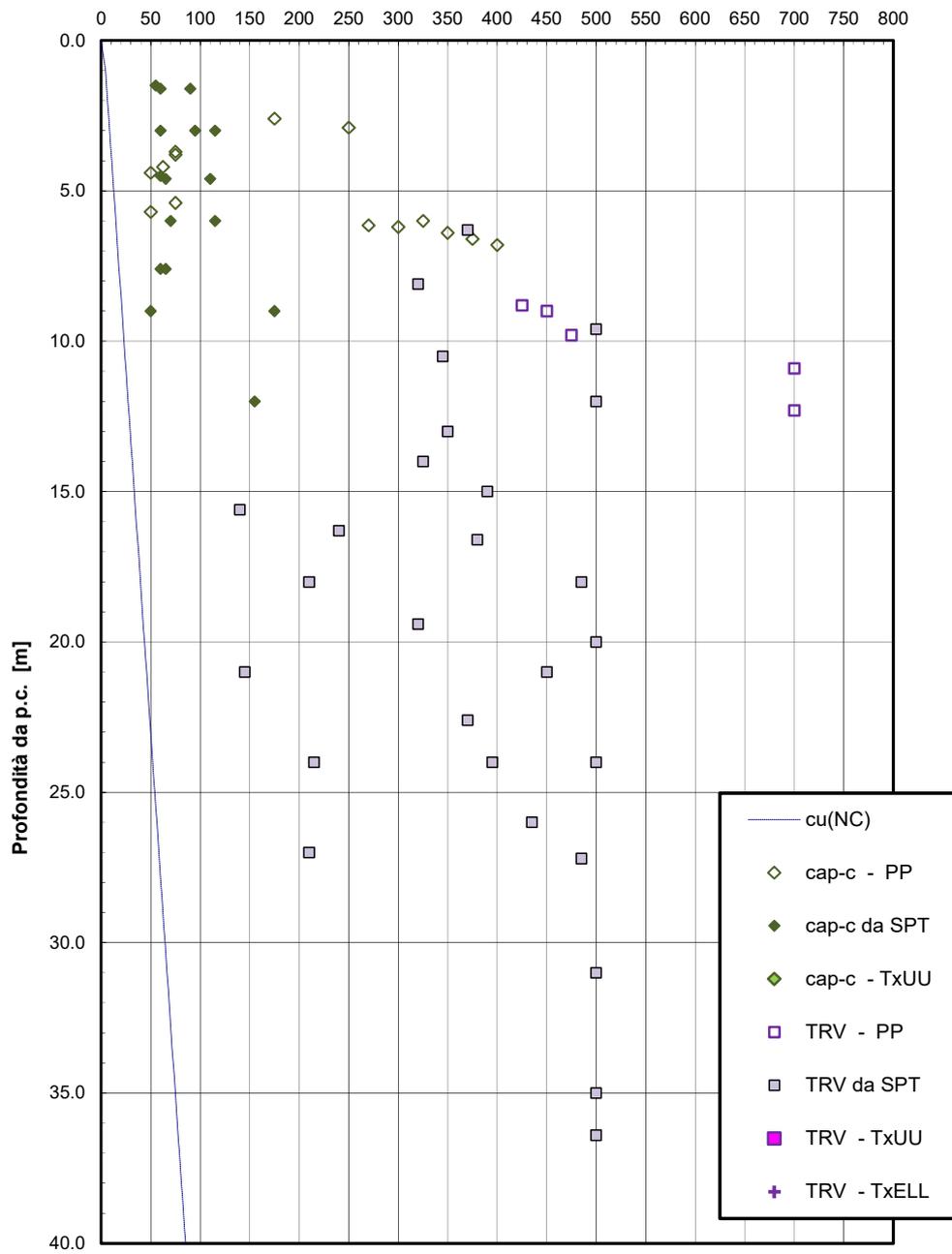


Figura 5 – Resistenza al taglio non drenata – NV01 asse 4 (sondaggi: 4SD2, 4a\_S30)

**Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche**

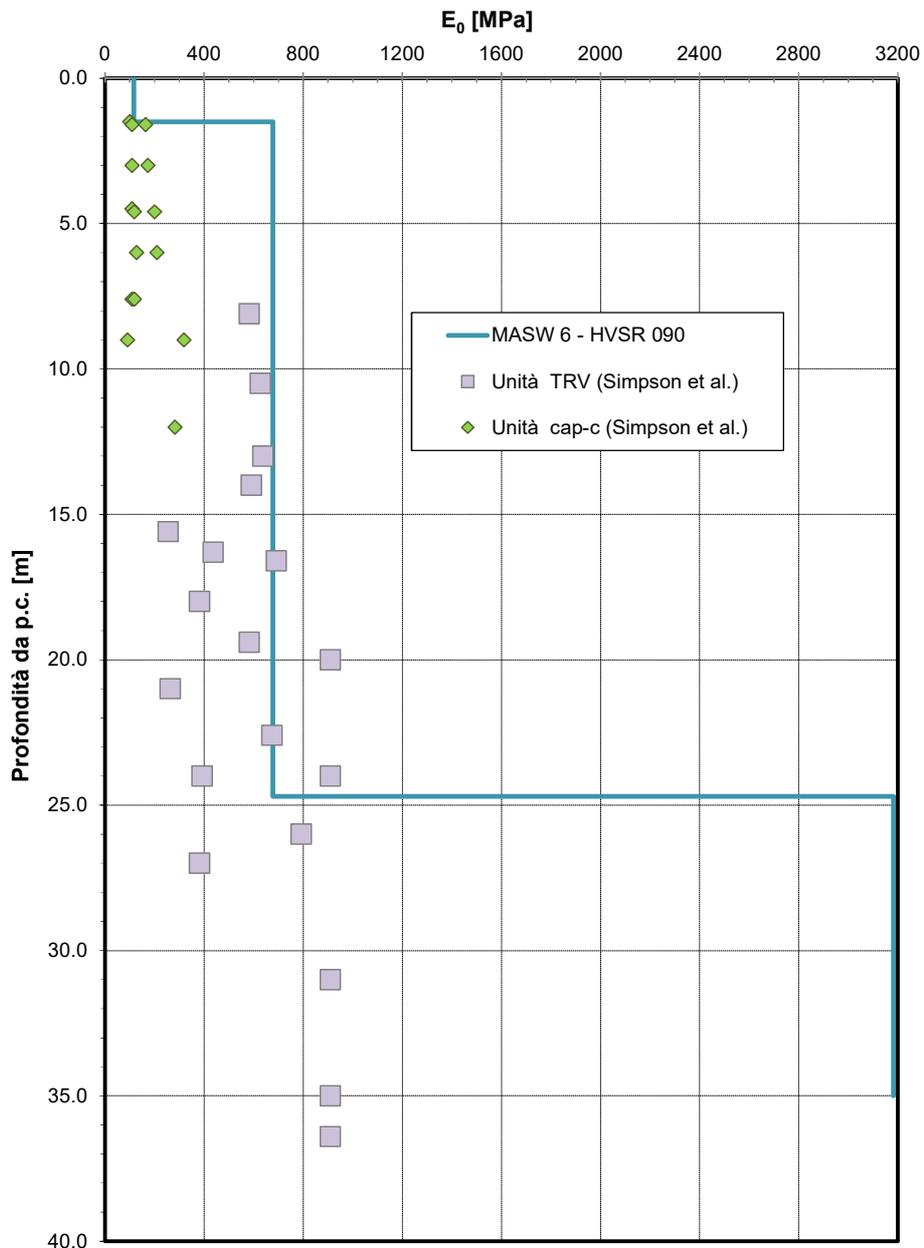


Figura 6 – Modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni – NV01 asse 4 (sondaggi 4SD2, 4a\_S30)

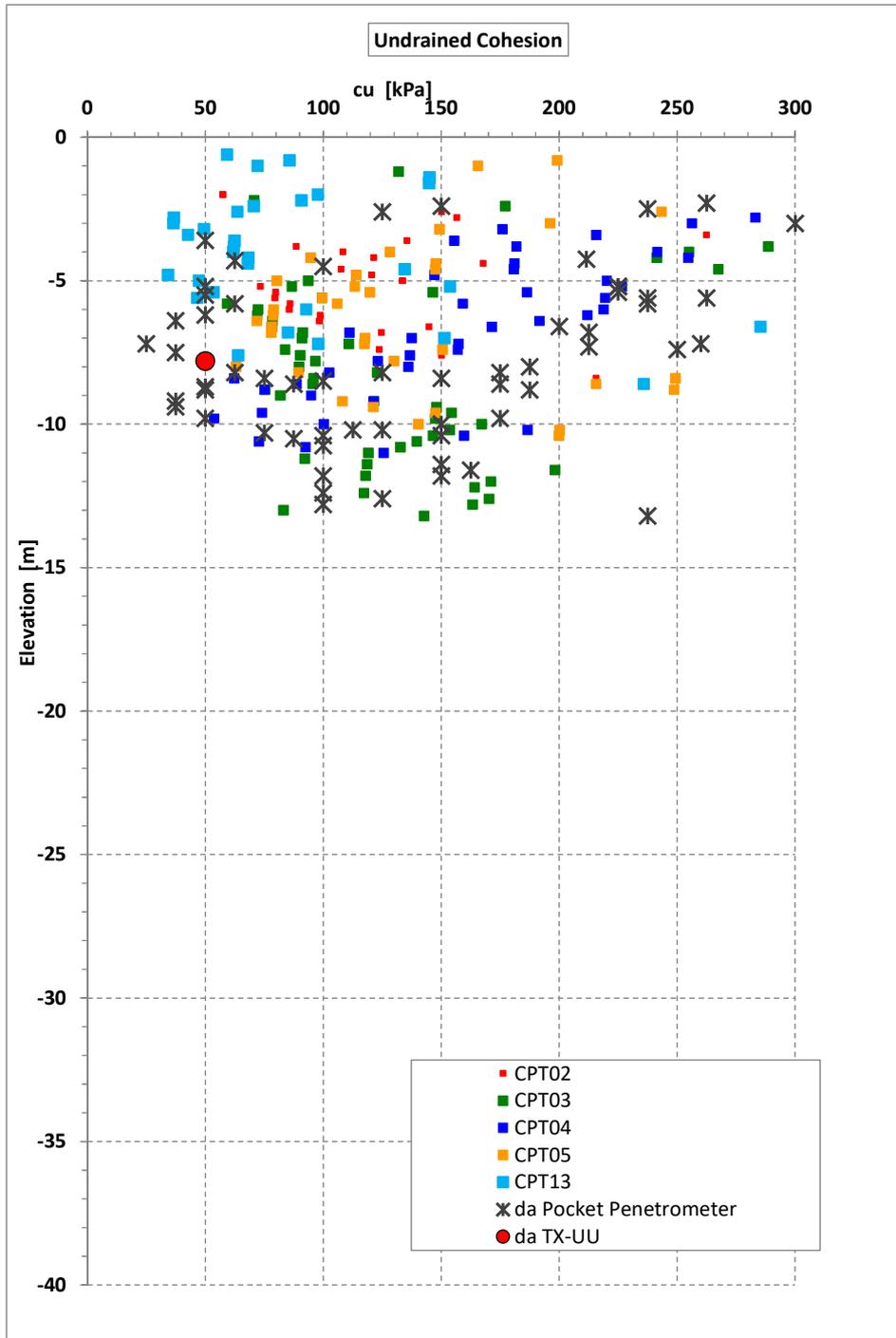


Figura 7 – Resistenza al taglio non drenata – NV08 asse 11 (da CPT) (Indagini: 4\_SD28, 4\_SD29, CPT2, CPT3, CPT4, CPT5)

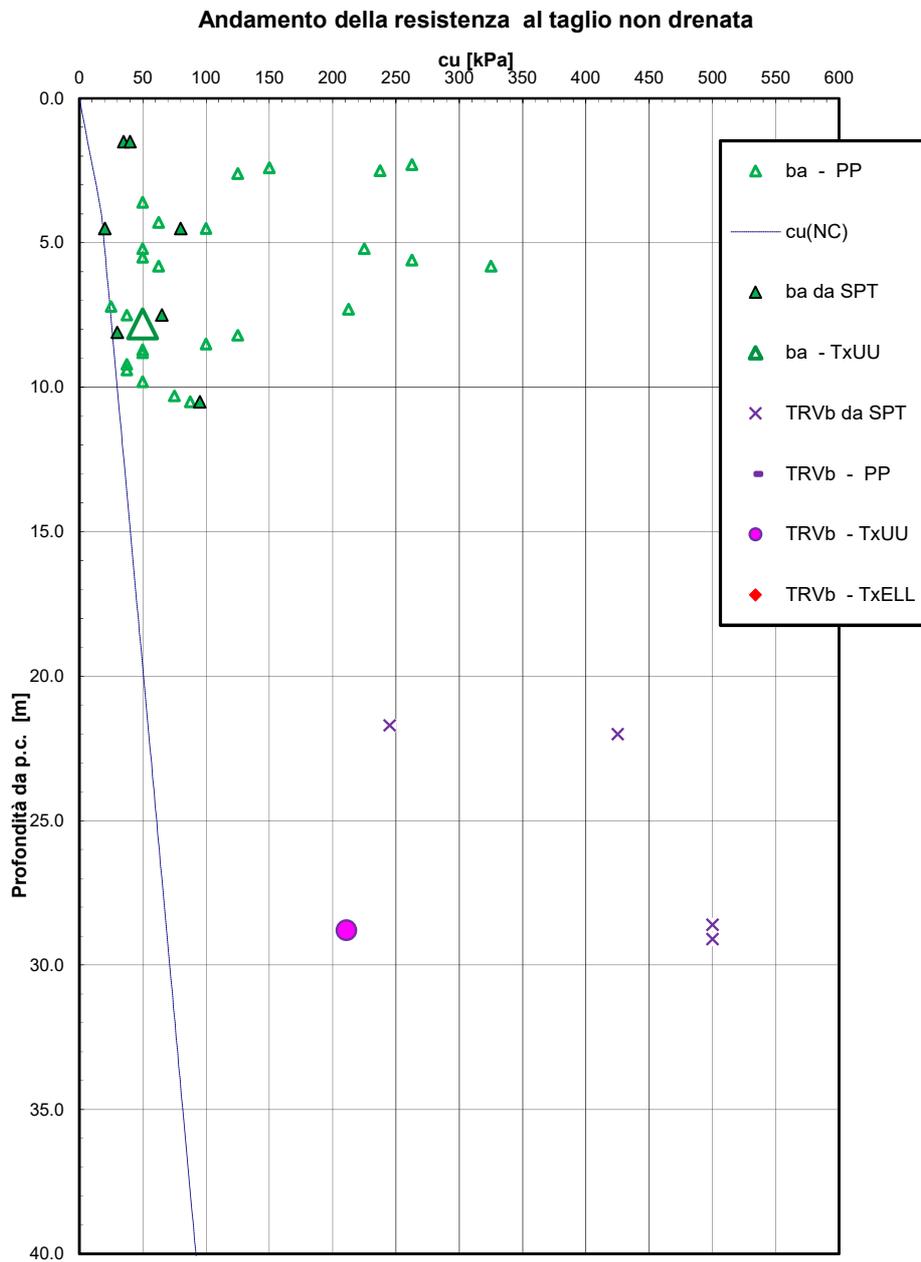


Figura 8 – Resistenza al taglio non drenata – NV08 asse 11 (da CPT) (Indagini: 4\_SD28, 4\_SD29, CPT2, CPT3, CPT4, CPT5)

**Modulo di deformazione elastico iniziale da prove SPT e sismiche**

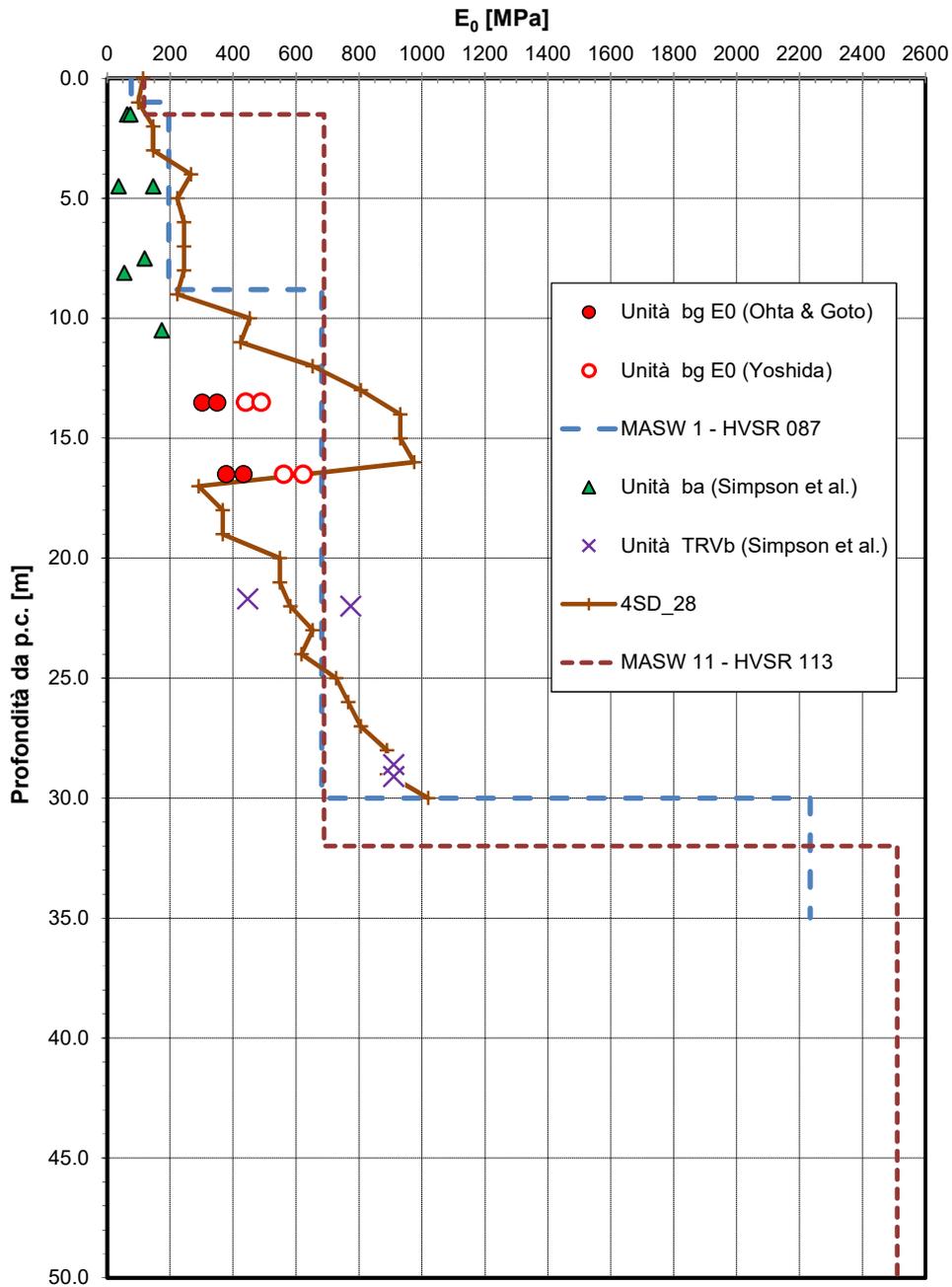


Figura 9 – Modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni – NV08 asse 11 (da CPT) (Indagini: 4\_SD28, 4\_SD29, CPT2, CPT3, CPT4, CPT5)



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO**  
**NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	32 di 48

#### 4.4.1 Risultati

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati ottenuti: cedimento totale, immediato e di consolidazione primaria in asse al rilevato. I tabulati di calcolo completi sono riportati in Appendice A.

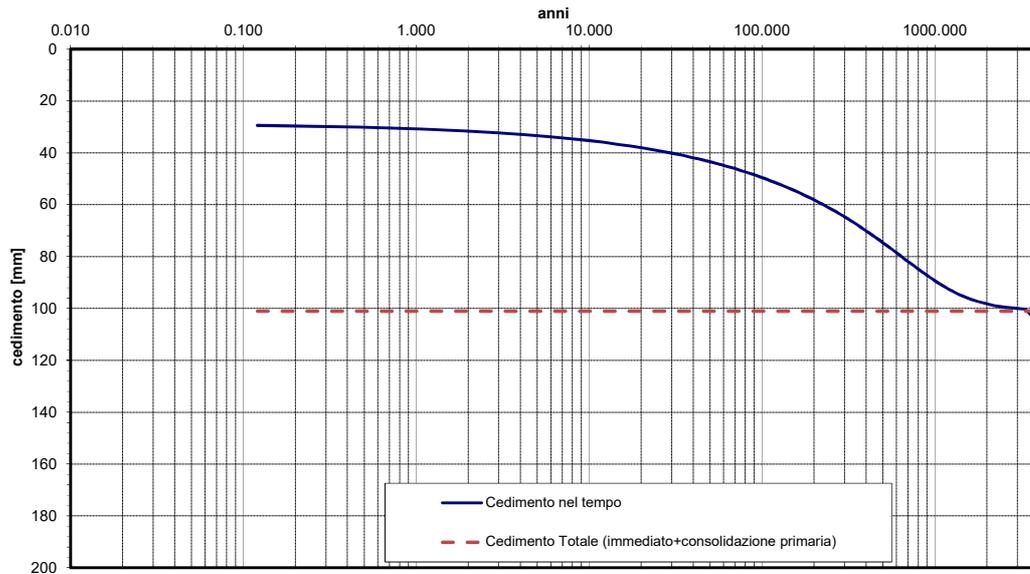
Tabella 2 – Risultati cedimenti

SEZIONE	Hril [m]	Cedimento totale in asse [mm]	Cedimento immediato in asse [mm]	Cedimento di consolidazione in asse [mm]
NV01 asse 4-km 0+050	7.0	101.0	28.7	72.3
NV08 asse 11-km 0+075	4.3	69.1	22.2	46.9

Il cedimento totale massimo stimato in asse rilevato (illimitato) è di circa 10 cm totali, di cui circa 3 cm di cedimenti immediati e circa 7 cm di consolidazione primaria; si tratta comunque di valori di cedimento modesti in relazione agli spessori di terreno alluvionale recente.

Nelle figure e tabelle che seguono si riporta l'andamento dei cedimenti nel tempo per tutte le sezioni di calcolo. Per tutte le sezioni analizzate, si ha che il cedimento residuo (consolidazione primaria e secondaria) valutato dopo 6 mesi dalla costruzione del rilevato e la vita utile dell'opera ( $V_u=200$  anni), è  $< 5$  cm, come prescritto da Capitolato (vedasi tabelle e figure seguenti).

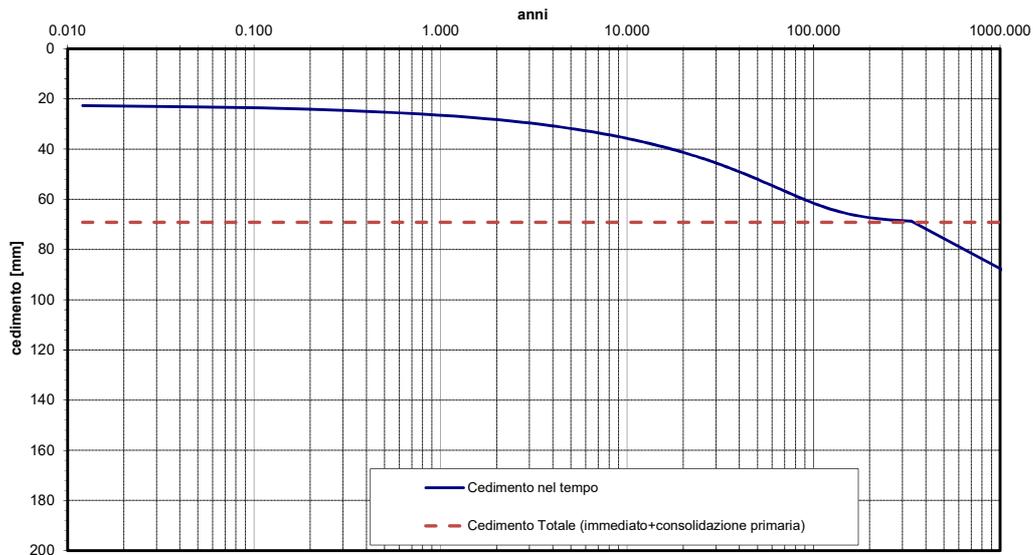
**Rilevato NV01 asse 4 sezione H=7 m**  
**Decorso del cedimento nel tempo**



Cedimento Totale	101.00	[mm]
Cedimento immediato	28.70	[mm]
Cedimento di consolidazione	72.30	[mm]
Ceff. di consolidazione - Cv	4.00E-08	[m <sup>2</sup> /s]
Percorso di filtrazione - H	44	[m]
Consolidazione secondaria - C <sub>α</sub>	1.50E-03	
Altezza per la cons. sec. - H0	44	[m]
Anno iniziale	0.5	
Anno finale	200	
Cedimento ammissibile	50	[mm]
Calcolo del cedimento a 1 anni		
Tv	3.26E-04	
Um	2.04E-02	< 0.95
Cedimento	30.17	[mm]
Calcolo del cedimento a 112.5 anni		
Tv	1.30E-01	
Um	4.07E-01	< 0.95
Cedimento	58.13	[mm]
Cedimento da 6 mesi al 200° anno	27.95	[mm] OK

Figura 10 – Decorso dei cedimenti nel tempo – NV01 asse4 – rilevato km 0+050

**Rilevato NV08 asse 11 sezione H=4.3 m**  
**Decorso del cedimento nel tempo**



Cedimento Totale	69.10	[mm]
Cedimento immediato	22.20	[mm]
Cedimento di consolidazione	46.90	[mm]
Ceff. di consolidazione - Cv	1.00E-07	[m <sup>2</sup> /s]
Percorso di filtrazione - H	22	[m]
Consolidazione secondaria - C <sub>α</sub>	1.50E-03	
Altezza per la cons. sec. - H0	26.5	[m]
Anno iniziale	0.5	
Anno finale	200	
Cedimento ammissibile	50	[mm]
Calcolo del cedimento a 1 anni		
Tv	3.26E-03	
Um	6.44E-02	< 0.95
Cedimento	25.22	[mm]
Calcolo del cedimento a 112.5 anni		
Tv	1.30E+00	
Um	9.61E-01	> 0.95
Cedimento	68.72	[mm]
<b>Cedimento da 6 mesi al 200° anno</b>	<b>43.49</b>	<b>[mm] OK</b>

Figura 11 – Decorso dei cedimenti nel tempo – NV08 asse11 – rilevato km 0+075



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	35 di 48

## 5 PIANO DI POSA RILEVATI

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite, sono stati definiti gli spessori di scotico e bonifica per il piano di posa di rilevati e trincee.

Nella seguente tabella si riassumono gli spessori di scotico+bonifica previsti per i rilevati stradali lungo lo sviluppo del tracciato.

Opere	SCOTICO [m]	BONIFICA [m]
rilevati	0.50	0.50



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	36 di 48

## 6 APPENDICE A. ANALISI DEI CEDIMENTI. TABULATI DI CALCOLO CED

### 6.1 NV01 asse 4-km 0+050 – cedimenti totali

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

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV01

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/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	10.0	10000.	20000.	20.0	10.0	20
2	10.0	30.0	60000.	60000.	21.0	11.0	40
3	30.0	100.0	80000.	80000.	21.0	11.0	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 = 7.0 m  
Larghezza sommità' = 8.6 m  
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m3  
Sovraccarico in sommità' = .0 kPa

Quota banca = 2.0 m  
Larghezza banca = 2.0 m

pag./ 2

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV01

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
----	---------------	----------	----------	-------------	-------------	--------------



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	37 di 48

1	20.0	.00	.00	32.09	843.79	541.549
2	20.0	.00	.00	29.09	843.79	490.947
3	33.3	.00	.00	21.09	843.79	593.290
4	33.3	.00	.00	16.10	843.79	452.729
5	33.3	.00	.00	11.10	843.79	312.167

-----  
Carico totale = 2390.681 MN

pag./ 3

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV01

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	140.0	69.9	70.0	.5	10250.
.8	140.0	69.1	69.7	1.5	10750.
1.3	140.0	67.7	69.2	2.5	11250.
1.8	139.9	65.6	68.5	3.5	11750.
2.3	139.6	63.1	67.6	4.5	12250.
2.8	139.3	60.3	66.5	5.5	12750.
3.3	138.7	57.3	65.3	6.5	13250.
3.8	138.0	54.1	64.0	7.5	13750.
4.3	137.0	51.0	62.7	8.3	14250.
4.8	135.9	48.0	61.3	8.8	14750.
5.3	134.6	45.0	59.9	9.3	15250.
5.8	133.2	42.2	58.5	9.8	15750.
6.3	131.7	39.5	57.1	10.3	16250.
6.8	130.0	37.0	55.7	10.8	16750.
7.3	128.3	34.6	54.3	11.3	17250.
7.8	126.5	32.4	53.0	11.8	17750.
8.3	124.6	30.3	51.7	12.3	18250.
8.8	122.8	28.4	50.4	12.8	18750.
9.3	120.9	26.6	49.1	13.3	19250.
9.8	118.9	24.9	47.9	13.8	19750.
10.3	117.0	23.3	46.8	14.3	60000.
10.8	115.1	21.9	45.7	14.8	60000.
11.3	113.2	20.5	44.6	15.4	60000.
11.8	111.3	19.2	43.5	15.9	60000.
12.3	109.4	18.1	42.5	16.5	60000.
12.8	107.6	17.0	41.5	17.0	60000.
13.3	105.8	15.9	40.6	17.6	60000.
13.8	104.0	15.0	39.7	18.1	60000.
14.3	102.2	14.1	38.8	18.7	60000.
14.8	100.5	13.3	37.9	19.2	60000.
15.3	98.8	12.5	37.1	19.8	60000.
15.8	97.1	11.8	36.3	20.3	60000.
16.3	95.5	11.1	35.5	20.9	60000.
16.8	93.9	10.5	34.8	21.4	60000.
17.3	92.4	9.9	34.1	22.0	60000.
17.8	90.8	9.4	33.4	22.5	60000.
18.3	89.4	8.9	32.7	23.1	60000.
18.8	87.9	8.4	32.1	23.6	60000.
19.3	86.5	8.0	31.5	24.2	60000.
19.8	85.1	7.6	30.9	24.7	60000.
20.3	83.7	7.2	30.3	25.3	60000.
20.8	82.4	6.8	29.7	25.8	60000.
21.3	81.1	6.5	29.2	26.4	60000.
21.8	79.9	6.1	28.7	26.9	60000.
22.3	78.6	5.8	28.2	27.5	60000.
22.8	77.4	5.6	27.7	28.0	60000.
23.3	76.3	5.3	27.2	28.6	60000.
23.8	75.1	5.0	26.7	29.1	60000.
24.3	74.0	4.8	26.3	29.7	60000.
24.8	72.9	4.6	25.8	30.2	60000.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	38 di 48

25.3	71.9	4.4	25.4	30.8	60000.
25.8	70.8	4.2	25.0	31.3	60000.
26.3	69.8	4.0	24.6	31.9	60000.
26.8	68.9	3.8	24.2	32.4	60000.
27.3	67.9	3.6	23.8	33.0	60000.
27.8	67.0	3.5	23.5	33.5	60000.
28.3	66.0	3.3	23.1	34.1	60000.
28.8	65.1	3.2	22.8	34.6	60000.
29.3	64.3	3.1	22.4	35.2	60000.
29.8	63.4	2.9	22.1	35.7	60000.
31.8	60.2	2.5	20.9	37.9	80000.
35.3	55.2	1.9	19.0	41.8	80000.
38.8	50.9	1.5	17.4	45.6	80000.

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

pag./ 4

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV01

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	101.0			
.5	96.2	.0	.5	4.8
1.0	91.6	.5	1.0	4.6
1.5	87.2	1.0	1.5	4.4
2.0	83.0	1.5	2.0	4.2
2.5	78.9	2.0	2.5	4.1
3.0	74.9	2.5	3.0	4.0
3.5	71.0	3.0	3.5	3.8
4.0	67.3	3.5	4.0	3.7
4.5	63.7	4.0	4.5	3.6
5.0	60.2	4.5	5.0	3.5
5.5	56.8	5.0	5.5	3.4
6.0	53.6	5.5	6.0	3.3
6.5	50.4	6.0	6.5	3.2
7.0	47.3	6.5	7.0	3.1
7.5	44.4	7.0	7.5	2.9
8.0	41.6	7.5	8.0	2.8
8.5	38.8	8.0	8.5	2.7
9.0	36.2	8.5	9.0	2.6
9.5	33.6	9.0	9.5	2.5
10.0	31.2	9.5	10.0	2.5
10.5	30.4	10.0	10.5	.8
11.0	29.6	10.5	11.0	.8
11.5	28.8	11.0	11.5	.8
12.0	28.0	11.5	12.0	.8
12.5	27.3	12.0	12.5	.8
13.0	26.5	12.5	13.0	.8
13.5	25.8	13.0	13.5	.7
14.0	25.0	13.5	14.0	.7
14.5	24.3	14.0	14.5	.7
15.0	23.6	14.5	15.0	.7
15.5	22.9	15.0	15.5	.7
16.0	22.2	15.5	16.0	.7
16.5	21.5	16.0	16.5	.7
17.0	20.9	16.5	17.0	.7
17.5	20.2	17.0	17.5	.7
18.0	19.6	17.5	18.0	.6
18.5	18.9	18.0	18.5	.6
19.0	18.3	18.5	19.0	.6
19.5	17.7	19.0	19.5	.6



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	39 di 48

20.0	17.1	19.5	20.0	.6
20.5	16.5	20.0	20.5	.6
21.0	15.9	20.5	21.0	.6
21.5	15.3	21.0	21.5	.6
22.0	14.7	21.5	22.0	.6
22.5	14.1	22.0	22.5	.6
23.0	13.6	22.5	23.0	.6
23.5	13.0	23.0	23.5	.6
24.0	12.5	23.5	24.0	.5
24.5	11.9	24.0	24.5	.5
25.0	11.4	24.5	25.0	.5
25.5	10.9	25.0	25.5	.5
26.0	10.3	25.5	26.0	.5
26.5	9.8	26.0	26.5	.5
27.0	9.3	26.5	27.0	.5
27.5	8.8	27.0	27.5	.5
28.0	8.3	27.5	28.0	.5
28.5	7.9	28.0	28.5	.5
29.0	7.4	28.5	29.0	.5
29.5	6.9	29.0	29.5	.5
30.0	6.4	29.5	30.0	.5
33.5	4.1	30.0	33.5	2.3
37.0	2.0	33.5	37.0	2.1
40.5	.0	37.0	40.5	2.0

Cedimento totale = 101.0 mm

## 6.2 NV01 asse 4-km 0+050 – cedimenti immediati

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

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

PA-CA Lotto 5A  
Rilevato illimitato - cedimento immediato NV01

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/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	10.0	31500.	31500.	20.0	10.0	20
2	10.0	30.0	90000.	90000.	21.0	11.0	40
3	30.0	100.0	90000.	90000.	21.0	11.0	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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	40 di 48

Dati riguardanti il rilevato (Y - asse longitudinale)

Altezza complessiva	=	7.0	m
Larghezza sommita'	=	8.6	m
Pendenza scarpate	=	.667	(vert/orizz)
Peso di volume	=	20.0	kN/m <sup>3</sup>
Sovraccarico in sommita'	=	.0	kPa
Quota banca	=	2.0	m
Larghezza banca	=	2.0	m

pag./ 2

PA-CA Lotto 5A  
Rilevato illimitato - cedimento immediato NV01

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	20.0	.00	.00	32.09	843.79	541.549
2	20.0	.00	.00	29.09	843.79	490.947
3	33.3	.00	.00	21.09	843.79	593.290
4	33.3	.00	.00	16.10	843.79	452.729
5	33.3	.00	.00	11.10	843.79	312.167
Carico totale =						2390.681 MN

pag./ 3

PA-CA Lotto 5A  
Rilevato illimitato - cedimento immediato NV01

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	140.0	134.9	137.5	.5	31500.
.8	139.9	124.9	132.4	1.5	31500.
1.3	139.8	115.1	127.4	2.5	31500.
1.8	139.4	105.8	122.6	3.5	31500.
2.3	138.7	97.0	117.8	4.5	31500.
2.8	137.9	88.7	113.3	5.5	31500.
3.3	136.7	81.1	108.9	6.5	31500.
3.8	135.3	74.2	104.7	7.5	31500.
4.3	133.7	67.8	100.7	8.3	31500.
4.8	131.9	62.1	97.0	8.8	31500.
5.3	130.0	56.8	93.4	9.3	31500.
5.8	128.0	52.1	90.0	9.8	31500.
6.3	125.9	47.8	86.8	10.3	31500.
6.8	123.7	43.9	83.7	10.8	31500.
7.3	121.5	40.3	80.8	11.3	31500.
7.8	119.2	37.1	78.1	11.8	31500.
8.3	117.0	34.2	75.5	12.3	31500.
8.8	114.7	31.6	73.1	12.8	31500.
9.3	112.5	29.2	70.8	13.3	31500.
9.8	110.3	27.0	68.6	13.8	31500.
10.3	108.1	25.0	66.5	14.3	90000.



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	41 di 48

10.8	106.0	23.2	64.5	14.8	90000.
11.3	103.9	21.5	62.6	15.4	90000.
11.8	101.9	20.0	60.8	15.9	90000.
12.3	99.9	18.6	59.1	16.5	90000.
12.8	97.9	17.3	57.5	17.0	90000.
13.3	96.0	16.2	56.0	17.6	90000.
13.8	94.1	15.1	54.5	18.1	90000.
14.3	92.3	14.1	53.1	18.7	90000.
14.8	90.5	13.2	51.7	19.2	90000.
15.3	88.8	12.3	50.5	19.8	90000.
15.8	87.1	11.6	49.2	20.3	90000.
16.3	85.5	10.9	48.1	20.9	90000.
16.8	83.9	10.2	46.9	21.4	90000.
17.3	82.4	9.6	45.8	22.0	90000.
17.8	80.9	9.0	44.8	22.5	90000.
18.3	79.4	8.5	43.8	23.1	90000.
18.8	78.0	8.0	42.9	23.6	90000.
19.3	76.6	7.6	41.9	24.2	90000.
19.8	75.3	7.1	41.1	24.7	90000.
20.3	74.0	6.7	40.2	25.3	90000.
20.8	72.7	6.4	39.4	25.8	90000.
21.3	71.5	6.0	38.6	26.4	90000.
21.8	70.3	5.7	37.8	26.9	90000.
22.3	69.1	5.4	37.1	27.5	90000.
22.8	68.0	5.1	36.4	28.0	90000.
23.3	66.9	4.9	35.7	28.6	90000.
23.8	65.8	4.6	35.1	29.1	90000.
24.3	64.8	4.4	34.4	29.7	90000.
24.8	63.8	4.2	33.8	30.2	90000.
25.3	62.8	4.0	33.2	30.8	90000.
25.8	61.8	3.8	32.6	31.3	90000.
26.3	60.9	3.6	32.1	31.9	90000.
26.8	60.0	3.5	31.5	32.4	90000.
27.3	59.1	3.3	31.0	33.0	90000.
27.8	58.3	3.2	30.5	33.5	90000.
28.3	57.4	3.0	30.0	34.1	90000.
28.8	56.6	2.9	29.5	34.6	90000.
29.3	55.8	2.8	29.1	35.2	90000.
29.8	55.0	2.6	28.6	35.7	90000.
31.8	52.1	2.2	26.9	37.9	90000.
35.3	47.6	1.7	24.4	41.8	90000.

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

pag./ 4

PA-CA Lotto 5A  
Rilevato illimitato - cedimento immediato NV01

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	28.7			
.5	28.7	.0	.5	.1
1.0	28.5	.5	1.0	.2
1.5	28.2	1.0	1.5	.3
2.0	27.8	1.5	2.0	.4
2.5	27.3	2.0	2.5	.5
3.0	26.7	2.5	3.0	.6
3.5	26.1	3.0	3.5	.7
4.0	25.3	3.5	4.0	.7
4.5	24.5	4.0	4.5	.8
5.0	23.7	4.5	5.0	.8
5.5	22.8	5.0	5.5	.9



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	42 di 48

6.0	21.9	5.5	6.0	.9
6.5	21.0	6.0	6.5	.9
7.0	20.1	6.5	7.0	1.0
7.5	19.1	7.0	7.5	1.0
8.0	18.1	7.5	8.0	1.0
8.5	17.1	8.0	8.5	1.0
9.0	16.1	8.5	9.0	1.0
9.5	15.1	9.0	9.5	1.0
10.0	14.1	9.5	10.0	1.0
10.5	13.8	10.0	10.5	.3
11.0	13.5	10.5	11.0	.3
11.5	13.1	11.0	11.5	.3
12.0	12.8	11.5	12.0	.3
12.5	12.4	12.0	12.5	.3
13.0	12.1	12.5	13.0	.3
13.5	11.8	13.0	13.5	.3
14.0	11.4	13.5	14.0	.3
14.5	11.1	14.0	14.5	.3
15.0	10.8	14.5	15.0	.3
15.5	10.5	15.0	15.5	.3
16.0	10.2	15.5	16.0	.3
16.5	9.8	16.0	16.5	.3
17.0	9.5	16.5	17.0	.3
17.5	9.2	17.0	17.5	.3
18.0	8.9	17.5	18.0	.3
18.5	8.6	18.0	18.5	.3
19.0	8.3	18.5	19.0	.3
19.5	8.1	19.0	19.5	.3
20.0	7.8	19.5	20.0	.3
20.5	7.5	20.0	20.5	.3
21.0	7.2	20.5	21.0	.3
21.5	6.9	21.0	21.5	.3
22.0	6.7	21.5	22.0	.3
22.5	6.4	22.0	22.5	.3
23.0	6.1	22.5	23.0	.3
23.5	5.9	23.0	23.5	.3
24.0	5.6	23.5	24.0	.3
24.5	5.4	24.0	24.5	.3
25.0	5.1	24.5	25.0	.2
25.5	4.9	25.0	25.5	.2
26.0	4.6	25.5	26.0	.2
26.5	4.4	26.0	26.5	.2
27.0	4.2	26.5	27.0	.2
27.5	3.9	27.0	27.5	.2
28.0	3.7	27.5	28.0	.2
28.5	3.5	28.0	28.5	.2
29.0	3.2	28.5	29.0	.2
29.5	3.0	29.0	29.5	.2
30.0	2.8	29.5	30.0	.2
33.5	1.3	30.0	33.5	1.5
37.0	.0	33.5	37.0	1.3

Cedimento totale = 28.7 mm

### 6.3 NV08 asse 11-km 0+075 – cedimenti totali

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

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	43 di 48

Coefficiente di Frolich = 4  
 S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
 Profondita' falda = 8.0 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/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	9.0	6000.	20000.	19.0	9.0	18
2	9.0	12.0	30000.	30000.	19.0	9.0	6
3	12.0	18.0	40000.	40000.	19.0	9.0	12
4	18.0	30.0	60000.	60000.	21.0	11.0	24
5	30.0	100.0	80000.	80000.	21.0	11.0	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 = 4.3 m  
 Larghezza sommita' = 11.6 m  
 Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
 Peso di volume = 20.0 kN/m3  
 Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

pag./ 2

PA-CA Lotto 4B  
 Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

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	17.2	.00	.00	23.20	721.87	288.108
2	17.2	.00	.00	20.63	721.87	256.090
3	17.2	.00	.00	18.05	721.87	224.072
4	17.2	.00	.00	15.47	721.87	192.054
5	17.2	.00	.00	12.89	721.87	160.037
Carico totale =						1120.360 MN

pag./ 3

PA-CA Lotto 4B  
 Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

RISULTATI relativi alla direttrice 1  
 X = .00 m Y = .00 m

Incrementi di tensioni dovuti ai carichi

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	44 di 48

Prof. m	D S'z kPa	D S'x kPa	D S'y kPa	.10 S'z	E medio
.3	86.0	42.9	43.0	.5	6389.
.8	86.0	42.5	42.8	1.4	7167.
1.3	86.0	41.6	42.5	2.4	7944.
1.8	85.9	40.4	42.1	3.3	8722.
2.3	85.8	38.9	41.6	4.3	9500.
2.8	85.7	37.1	40.9	5.2	10278.
3.3	85.4	35.2	40.2	6.2	11056.
3.8	85.0	33.1	39.4	7.1	11833.
4.3	84.5	31.1	38.5	8.1	12611.
4.8	83.9	29.0	37.6	9.0	13389.
5.3	83.1	27.0	36.7	10.0	14167.
5.8	82.3	25.1	35.8	10.9	14944.
6.3	81.3	23.3	34.9	11.9	15722.
6.8	80.3	21.5	33.9	12.8	16500.
7.3	79.2	19.9	33.0	13.8	17278.
7.8	78.0	18.4	32.1	14.7	18056.
8.3	76.8	17.0	31.2	15.4	18833.
8.8	75.5	15.7	30.4	15.9	19611.
9.3	74.2	14.5	29.6	16.3	30000.
9.8	72.9	13.4	28.8	16.8	30000.
10.3	71.6	12.3	28.0	17.2	30000.
10.8	70.3	11.4	27.2	17.7	30000.
11.3	69.0	10.6	26.5	18.1	30000.
11.8	67.7	9.8	25.8	18.6	30000.
12.3	66.4	9.1	25.1	19.0	40000.
12.8	65.1	8.4	24.5	19.5	40000.
13.3	63.8	7.8	23.9	19.9	40000.
13.8	62.6	7.3	23.3	20.4	40000.
14.3	61.4	6.7	22.7	20.8	40000.
14.8	60.2	6.3	22.2	21.3	40000.
15.3	59.1	5.9	21.6	21.7	40000.
15.8	57.9	5.5	21.1	22.2	40000.
16.3	56.8	5.1	20.6	22.6	40000.
16.8	55.8	4.8	20.2	23.1	40000.
17.3	54.7	4.5	19.7	23.5	40000.
17.8	53.7	4.2	19.3	24.0	40000.
18.3	52.7	3.9	18.9	24.5	60000.
18.8	51.7	3.7	18.5	25.0	60000.
19.3	50.8	3.5	18.1	25.6	60000.
19.8	49.9	3.3	17.7	26.1	60000.
20.3	49.0	3.1	17.3	26.7	60000.
20.8	48.1	2.9	17.0	27.2	60000.
21.3	47.3	2.7	16.7	27.8	60000.
21.8	46.5	2.6	16.3	28.3	60000.
22.3	45.7	2.4	16.0	28.9	60000.
22.8	44.9	2.3	15.7	29.4	60000.
23.3	44.2	2.2	15.4	30.0	60000.
23.8	43.4	2.1	15.2	30.5	60000.
24.3	42.7	2.0	14.9	31.1	60000.
24.8	42.0	1.9	14.6	31.6	60000.
25.3	41.4	1.8	14.4	32.2	60000.
25.8	40.7	1.7	14.1	32.7	60000.
26.3	40.1	1.6	13.9	33.3	60000.
26.8	39.5	1.5	13.7	33.8	60000.
27.3	38.9	1.4	13.4	34.4	60000.
27.8	38.3	1.4	13.2	34.9	60000.
28.3	37.7	1.3	13.0	35.5	60000.
28.8	37.2	1.3	12.8	36.0	60000.
29.3	36.6	1.2	12.6	36.6	60000.

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

pag./ 4

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

RISULTATI relativi alla direttrice 1



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	45 di 48

X = .00 m      Y = .00 m

Cedimenti totali

Cedimenti parziali

Prof. m	Cedimento mm	da m	a m	D cedim. mm
.0	69.1			
.5	64.4	.0	.5	4.7
1.0	60.2	.5	1.0	4.2
1.5	56.4	1.0	1.5	3.8
2.0	52.9	1.5	2.0	3.5
2.5	49.6	2.0	2.5	3.2
3.0	46.6	2.5	3.0	3.0
3.5	43.7	3.0	3.5	2.8
4.0	41.1	3.5	4.0	2.7
4.5	38.5	4.0	4.5	2.5
5.0	36.2	4.5	5.0	2.4
5.5	33.9	5.0	5.5	2.3
6.0	31.8	5.5	6.0	2.1
6.5	29.7	6.0	6.5	2.0
7.0	27.8	6.5	7.0	1.9
7.5	26.0	7.0	7.5	1.8
8.0	24.2	7.5	8.0	1.7
8.5	22.6	8.0	8.5	1.7
9.0	21.0	8.5	9.0	1.6
9.5	20.0	9.0	9.5	1.0
10.0	19.0	9.5	10.0	1.0
10.5	18.0	10.0	10.5	1.0
11.0	17.0	10.5	11.0	1.0
11.5	16.0	11.0	11.5	1.0
12.0	15.1	11.5	12.0	.9
12.5	14.4	12.0	12.5	.7
13.0	13.7	12.5	13.0	.7
13.5	13.0	13.0	13.5	.7
14.0	12.4	13.5	14.0	.7
14.5	11.7	14.0	14.5	.7
15.0	11.1	14.5	15.0	.6
15.5	10.4	15.0	15.5	.6
16.0	9.8	15.5	16.0	.6
16.5	9.2	16.0	16.5	.6
17.0	8.6	16.5	17.0	.6
17.5	8.0	17.0	17.5	.6
18.0	7.4	17.5	18.0	.6
18.5	7.0	18.0	18.5	.4
19.0	6.6	18.5	19.0	.4
19.5	6.3	19.0	19.5	.4
20.0	5.9	19.5	20.0	.4
20.5	5.6	20.0	20.5	.4
21.0	5.2	20.5	21.0	.4
21.5	4.9	21.0	21.5	.3
22.0	4.5	21.5	22.0	.3
22.5	4.2	22.0	22.5	.3
23.0	3.9	22.5	23.0	.3
23.5	3.5	23.0	23.5	.3
24.0	3.2	23.5	24.0	.3
24.5	2.9	24.0	24.5	.3
25.0	2.6	24.5	25.0	.3
25.5	2.3	25.0	25.5	.3
26.0	2.0	25.5	26.0	.3
26.5	1.7	26.0	26.5	.3
27.0	1.4	26.5	27.0	.3
27.5	1.1	27.0	27.5	.3
28.0	.8	27.5	28.0	.3
28.5	.5	28.0	28.5	.3
29.0	.3	28.5	29.0	.3
29.5	.0	29.0	29.5	.3

Cedimento totale = 69.1 mm

## 6.4 NV08 asse 11-km 0+075 – cedimenti immediati

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

(C) G.Guiducci - aprile 1999

pag./ 1

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

Coefficiente di Frolich = 3  
S'z a quota piano di posa = .0 kPa  
Profondita' falda = 8.0 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/m3	G eff kN/m3	N dv
1	.0	9.0	31500.	31500.	19.0	9.0	18
2	9.0	12.0	20000.	20000.	19.0	9.0	6
3	12.0	18.0	40000.	40000.	19.0	9.0	12
4	18.0	30.0	90000.	90000.	21.0	11.0	24
5	30.0	100.0	90000.	90000.	21.0	11.0	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 = 4.3 m  
Larghezza sommita' = 11.6 m  
Pendenza scarpate = .667 (vert/orizz)  
Peso di volume = 20.0 kN/m3  
Sovraccarico in sommita' = .0 kPa

pag./ 2

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

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	17.2	.00	.00	23.20	721.87	288.108
2	17.2	.00	.00	20.63	721.87	256.090
3	17.2	.00	.00	18.05	721.87	224.072
4	17.2	.00	.00	15.47	721.87	192.054
5	17.2	.00	.00	12.89	721.87	160.037

Carico totale = 1120.360 MN

pag./ 3



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO**

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	40	D 29 RH	GE0005 007	A	47 di 48

PA-CA Lotto 4B  
Rilevato illimitato - cedimento totale NV08

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	86.0	82.8	84.4	.5	31500.
.8	86.0	76.6	81.3	1.4	31500.
1.3	85.9	70.4	78.1	2.4	31500.
1.8	85.7	64.5	75.1	3.3	31500.
2.3	85.3	58.9	72.1	4.3	31500.
2.8	84.8	53.6	69.2	5.2	31500.
3.3	84.2	48.6	66.4	6.2	31500.
3.8	83.4	44.1	63.7	7.1	31500.
4.3	82.4	39.9	61.1	8.1	31500.
4.8	81.4	36.1	58.7	9.0	31500.
5.3	80.2	32.7	56.4	10.0	31500.
5.8	78.9	29.5	54.2	10.9	31500.
6.3	77.5	26.7	52.1	11.9	31500.
6.8	76.1	24.2	50.1	12.8	31500.
7.3	74.6	22.0	48.2	13.8	31500.
7.8	73.1	19.9	46.5	14.7	31500.
8.3	71.6	18.1	44.8	15.4	31500.
8.8	70.1	16.5	43.2	15.9	31500.
9.3	68.6	15.0	41.7	16.3	20000.
9.8	67.1	13.7	40.3	16.8	20000.
10.3	65.6	12.5	39.0	17.2	20000.
10.8	64.1	11.4	37.7	17.7	20000.
11.3	62.7	10.5	36.5	18.1	20000.
11.8	61.3	9.6	35.4	18.6	20000.
12.3	59.9	8.8	34.3	19.0	40000.
12.8	58.6	8.1	33.3	19.5	40000.
13.3	57.3	7.5	32.3	19.9	40000.
13.8	56.1	6.9	31.4	20.4	40000.
14.3	54.8	6.4	30.5	20.8	40000.
14.8	53.6	5.9	29.7	21.3	40000.
15.3	52.5	5.5	28.9	21.7	40000.
15.8	51.4	5.1	28.2	22.2	40000.
16.3	50.3	4.7	27.4	22.6	40000.
16.8	49.3	4.4	26.8	23.1	40000.
17.3	48.3	4.1	26.1	23.5	40000.
17.8	47.3	3.8	25.5	24.0	40000.
18.3	46.3	3.6	24.9	24.5	90000.
18.8	45.4	3.4	24.3	25.0	90000.
19.3	44.5	3.2	23.7	25.6	90000.
19.8	43.7	3.0	23.2	26.1	90000.
20.3	42.8	2.8	22.7	26.7	90000.
20.8	42.0	2.6	22.2	27.2	90000.
21.3	41.3	2.5	21.7	27.8	90000.
21.8	40.5	2.3	21.3	28.3	90000.
22.3	39.8	2.2	20.9	28.9	90000.
22.8	39.1	2.1	20.4	29.4	90000.
23.3	38.4	1.9	20.0	30.0	90000.
23.8	37.7	1.8	19.7	30.5	90000.
24.3	37.1	1.7	19.3	31.1	90000.
24.8	36.5	1.6	18.9	31.6	90000.
25.3	35.9	1.6	18.6	32.2	90000.
25.8	35.3	1.5	18.2	32.7	90000.
26.3	34.7	1.4	17.9	33.3	90000.
26.8	34.1	1.3	17.6	33.8	90000.

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



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO  
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA**  
PROGETTO DEFINITIVO  
TRATTA NUOVA ENNA-DITTAINO

Relazione sui cedimenti dei rilevati stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>RS3E</b>	40	D 29 RH	GE0005 007	A	48 di 48

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	22.2			
.5	22.2	.0	.5	.0
1.0	22.1	.5	1.0	.1
1.5	21.9	1.0	1.5	.2
2.0	21.6	1.5	2.0	.3
2.5	21.3	2.0	2.5	.3
3.0	20.9	2.5	3.0	.4
3.5	20.5	3.0	3.5	.4
4.0	20.0	3.5	4.0	.5
4.5	19.5	4.0	4.5	.5
5.0	19.0	4.5	5.0	.5
5.5	18.4	5.0	5.5	.6
6.0	17.8	5.5	6.0	.6
6.5	17.2	6.0	6.5	.6
7.0	16.6	6.5	7.0	.6
7.5	16.0	7.0	7.5	.6
8.0	15.4	7.5	8.0	.6
8.5	14.7	8.0	8.5	.6
9.0	14.1	8.5	9.0	.6
9.5	13.1	9.0	9.5	1.0
10.0	12.1	9.5	10.0	1.0
10.5	11.1	10.0	10.5	1.0
11.0	10.1	10.5	11.0	1.0
11.5	9.1	11.0	11.5	1.0
12.0	8.1	11.5	12.0	1.0
12.5	7.7	12.0	12.5	.5
13.0	7.2	12.5	13.0	.5
13.5	6.7	13.0	13.5	.5
14.0	6.3	13.5	14.0	.5
14.5	5.8	14.0	14.5	.5
15.0	5.4	14.5	15.0	.4
15.5	4.9	15.0	15.5	.4
16.0	4.5	15.5	16.0	.4
16.5	4.1	16.0	16.5	.4
17.0	3.6	16.5	17.0	.4
17.5	3.2	17.0	17.5	.4
18.0	2.8	17.5	18.0	.4
18.5	2.6	18.0	18.5	.2
19.0	2.5	18.5	19.0	.2
19.5	2.3	19.0	19.5	.2
20.0	2.1	19.5	20.0	.2
20.5	2.0	20.0	20.5	.2
21.0	1.8	20.5	21.0	.2
21.5	1.6	21.0	21.5	.2
22.0	1.5	21.5	22.0	.2
22.5	1.3	22.0	22.5	.2
23.0	1.2	22.5	23.0	.2
23.5	1.0	23.0	23.5	.2
24.0	.9	23.5	24.0	.1
24.5	.7	24.0	24.5	.1
25.0	.6	24.5	25.0	.1
25.5	.4	25.0	25.5	.1
26.0	.3	25.5	26.0	.1
26.5	.1	26.0	26.5	.1
27.0	.0	26.5	27.0	.1

Cedimento totale = 22.2 mm