



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

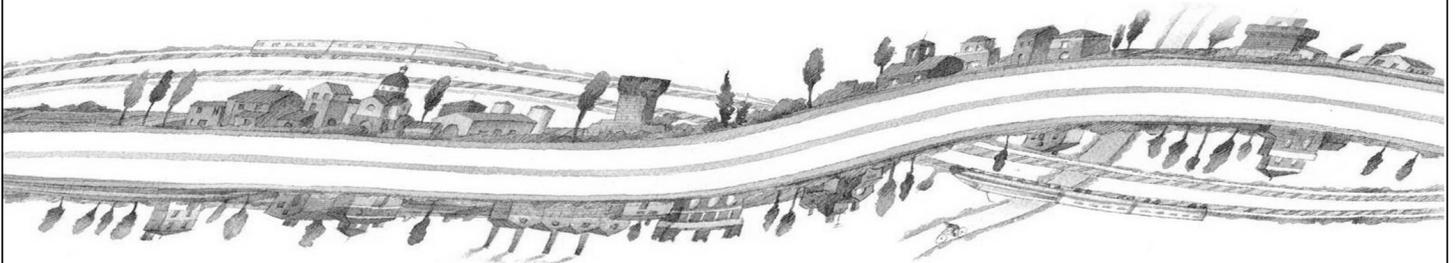
### ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)

GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, SISMICA E GEOTECNICA

GEOTECNICA

INTERCONNESSIONE A22

RELAZIONE GEOTECNICA INTERCONNESSIONE A22



IL PROGETTISTA

Ing. Gianfranco Marchi  
Albo Ing. Ravenna n°342

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				A. Boschi	G. Marchi	E. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: MAGGIO 2012
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
0408	PD	0	101	10000	0	GT	RB	01	A	



## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1. NORMATIVE .....	4
2.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO .....	4
2.3. ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO .....	5
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....</b>	<b>8</b>
<b>5. DEFINIZIONE DEI LIVELLI PIEZOMETRICI.....</b>	<b>10</b>
<b>6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>11</b>
<b>7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>12</b>
<b>8. STRATIGRAFIE E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO .....</b>	<b>13</b>
8.1. ZONA OMOGENEA 1.....	13
8.2. ZONA OMOGENEA 2.....	14
<b>9. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI.....</b>	<b>15</b>
9.1. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL CORPO RILEVATO.....	16
9.2. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI.....	17
9.2.1. Zona Omogenea 1.....	17
9.2.1.1 $H_{ril} = 6.00\text{ m}$ .....	17
9.2.1.2 $H_{ril} = 13.00\text{ m}$ .....	19
9.2.2. Zona Omogenea 2.....	21
9.2.2.1 $H_{ril} = 6.00\text{ m}$ .....	21
9.2.2.2 $H_{ril} = 12.50\text{ m}$ .....	22
<b>10. STIMA DEI CEDIMENTI E LORO EVOLUZIONE NEL TEMPO .....</b>	<b>25</b>
10.1. LIVELLI PRESTAZIONALI RILEVATI .....	25
10.2. ZONA OMOGENEA 1.....	26
10.2.1. $H_{ril}=11.00\text{ m}$ .....	26
10.2.2. $H_{ril}=13.00\text{ m}$ .....	30
10.3. ZONA OMOGENEA 2.....	33
10.3.1. $H_{ril}=3.00\text{ m}$ .....	33
10.3.2. $H_{ril}=6.00\text{ m}$ .....	37
10.3.3. $H_{ril}=8.00\text{ m}$ .....	40

<b>11. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PER I RILEVATI IN CORRISPONDENZA DELLE SPALLE DELLE OPERE D'ARTE .....</b>	<b>44</b>
<b>12. VERIFICA DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>45</b>
<b>13. CLASSI DI ESPOSIZIONE PER OPERE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>48</b>
<b>14. TRATTAMENTO DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI .....</b>	<b>49</b>
14.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI DI BONIFICA AL DI SOTTO DEI RILEVATI.....	49
14.2. SCHEMA GENERALE DELLE BONIFICHE .....	49
14.3. LIVELLO PRESTAZIONALE PIANO DI POSA DEI RILEVATI .....	50
14.4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI .....	50
14.5. EFFETTI DELLA VARIAZIONE DELLO SPESSORE DI BONIFICA E DEL RELATIVO MODULO ELASTICO .....	51
14.6. STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE .....	54

## **1. PREMESSA**

---

Nell'ambito delle attività di progettazione previste per la redazione del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana dal casello di Reggiolo-Rolo su A22 al casello di Ferrara Sud su A13, il presente documento illustra i dati disponibili, i criteri generali utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'infrastruttura in progetto ed i parametri geotecnici delle diverse unità litostratigrafiche con riferimento all'interconnessione tra l'Autostrada Regionale Cispadana e l'Autostrada A22.

In particolare, nel seguito dell'elaborato verranno descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- normativa e documentazione di riferimento per la caratterizzazione geotecnica;
- descrizione dei dati geognostici disponibili;
- caratterizzazione stratigrafica dei terreni lungo il tracciato;
- definizione dei livelli piezometrici ai fini delle analisi geotecniche;
- descrizione dei criteri utilizzati per la caratterizzazione geotecnica;
- definizione dei parametri geotecnici per le unità geotecniche individuate, in relazione alle singole zone omogenee definite lungo il tracciato;
- verifiche di stabilità dei rilevati;
- valutazione dei cedimenti dei rilevati;
- determinazione del trattamento del piano di posa dei rilevati.

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

---

### 2.1. NORMATIVE

---

Le normative di riferimento sono riportate nell'elaborato:

- PD\_0\_000\_00000\_0\_GE\_KT\_01, "Elenco delle Normative di riferimento".

### 2.2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

---

- Associazione Geotecnica Italiana (2005) "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica", Patron Editore, Bologna.
- LANCELLOTTA R. (1993) – "Geotecnica", Seconda edizione, ed. Zanichelli, Bologna.
- LUNNE T., CHRISTOFFERSEN H.P. (1985) – "Interpretation of Cone Penetrometer Data for Offshore Sands" – Norwegian Geotechnical Institute, 1985, Publication n. 156.
- LUNNE T., ROBERTSON P.K., POWELL J.J.M. (1997) – "Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice" – Blackie Academic & Profesional.
- P.K. ROBERTSON (2009) – "Interpretation of cone penetration tests - a unified approach" – Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, 1337-1355.
- "Soil behaviour in earthquake geotechnics"; Ishihara K.; 1996 Oxford science publications.
- "Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche"; Crespellani T., Facciorusso J.; 2010, Dario Flaccovio Editore.
- "Dynamic deformation characteristics of soils determined by laboratory tests", Yokota K., Imai T., Konno M., 1981; OYO Technical report.
- "The behaviour of Drammen clay under cyclic loading", Eekelen H.A.M. Van, Potts D.M., 1978
- "Post-cyclic degradation of strength and stiffness for low plasticity silt", Yasuhara K., Murakami S.M., Song B., Yokokawa S., Hyde A.F.L., 2003

## 2.3. ELABORATI DI PROGETTO DEFINITIVO

---

Nell'ambito delle attività di progettazione, a corredo della presente relazione sono state elaborate le cartografie tematiche di seguito elencate:

- Relazione geotecnica generale - Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01
- Criteri generali per le verifiche geotecniche - PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.
- Asse autostradale - Planimetria ubicazione indagini geognostiche in sito - Tav. 1/14 - scala 1:5.000  
Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_PG\_01;
- Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1/7 - scala 1:10.000  
Cod. PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_CT\_01;
- Interconnessione A22 – Profilo geotecnico – scala 1:5000  
Cod. PD\_0\_I01\_I0000\_0\_GT\_FT\_01.

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento ai seguenti documenti, inerenti le indagini in sito ed in laboratorio di progetto definitivo:

- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Relazione illustrativa  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_RG\_00;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Sondaggi geognostici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_01;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove penetrometriche statiche CPTU  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_02;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Pozzetti esplorativi e prove di Carico su piastra  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_03;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove con cono sismico SCPT  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_CF\_04;
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO - LOTTO 1 - Prove sismiche Cross-Hole  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IS\_IG\_00;
- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 - Prove di laboratorio su campioni prelevati da sondaggi geognostici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_01;

- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 - Prove di laboratorio su campioni prelevati da pozzetti esplorativi  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_02;
- PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 – Analisi chimiche su campioni idrici  
Cod. PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_03;

### **3. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO**

---

Per la indagini geognostiche di riferimento si rimanda alle zone omogenee 1 e 2 riportate nel documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01.

## 4. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA

Il profilo geologico-geotecnico, ottenuto dall'interpretazione delle indagini geognostiche, è riportato negli elaborati progettuali "*Interconnessione A22 – Profilo geotecnico*" (doc PD\_0\_I01\_I0000\_0\_GT\_FT\_01).

L'intera profondità indagata lungo tutta la tratta autostradale è caratterizzata dalla presenza di depositi di piana alluvionale che sono stati suddivisi nelle 6 unità stratigrafiche descritte in seguito:

- **Rilevati antropici**
- **Unità R**

Terreno vegetale e/o suoli agrari, sovraconsolidati per essiccamento. Localmente terreni di riporto.

- **Unità 1**

Argille, argille limose e debolmente limose o sabbiose, limi, limi argillosi e debolmente argillosi o sabbiosi, di colore nocciola, marrone, grigio e nerastro. Localmente sono presenti striature rossastre e ocra, venature nerastre per presenza di frustoli carboniosi e resti torbosi, e concrezioni calcaree millimetriche (calcinelli). L'unità si presenta da moderatamente consistente a consistente. I primi metri dal piano campagna appaiono talvolta sovraconsolidati per essiccamento. Resistenza alla punta media 1÷3 MPa.

- **Unità 2**

Limi sabbiosi e sabbie limose, talora debolmente argillose di colore nocciola, marrone e grigio. Resistenza alla punta media 3÷8 MPa.

- **Unità 3**

Sabbie fini, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio, da poco a mediamente addensate. Intercalate all'unità 3 si rinvengono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 8÷10 MPa,  $D_r \leq 50\%$ .

- **Unità 4**

Sabbie medie, talora debolmente limose di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane. Si presentano da mediamente addensate ad addensate. Intercalate all'unità 4 si rinvengono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media 10÷15 MPa,  $D_r = 50\% \div 70\%$ .

- **Unità 5**

Sabbie medie, talora debolmente limose, di colore nocciola, marrone e grigio. Localmente sono presenti livelli di sabbie più grossolane talora ghiaiose. Le sabbie presentano generalmente un buon grado di

addensamento. Intercalate all'unità 5 si rinvencono talora livelli di spessore centimetrico e decimetrico ascrivibili ad altre unità geotecniche. Resistenza alla punta media  $>15$  MPa,  $D_r \geq 70\%$ .

- **Unità 6**

Argille poco consistenti, di colore grigio scuro e nero con abbondante presenza di frustoli carboniosi e livelli organici indecomposti. Localmente si rinvencono livelli di torba di spessore decimetrico.

## **5. DEFINIZIONE DEI LIVELLI PIEZOMETRICI**

Per la definizione dei livelli piezometrici si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01.

## **6. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

---

Per quanto concerne i criteri utilizzati nella caratterizzazione geotecnica si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01.

## **7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Per la caratterizzazione geotecnica si rimanda alle zone omogenee 1 e 2 riportate rispettivamente ai paragrafi 7.2 e 7.3 del documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01.

## 8. STRATIGRAFIE E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Sulla base di quanto riportato nel precedente capitolo, nel seguito si riportano per le zone omogenee analizzate la stratigrafia di calcolo e i principali parametri geotecnici assunti per le varie unità litostratigrafiche considerate.

### 8.1. ZONA OMOGENEA 1

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona omogenea in questione è riportata in **TABELLA 8-1**.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i corrispondenti parametri di deformabilità e di consolidazione per la valutazione dei cedimenti e i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

**TABELLA 8-1: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA OMOGENEA 1.**

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di deformabilità		Parametri di consolidazione		Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				E' [kPa]	E <sub>u</sub> [kPa]	c <sub>v</sub> cmq/s	c <sub>αε</sub> [-]	c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	c <sub>uk-in</sub> [kPa]	c <sub>uk-fin</sub> [kPa]	c' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	c <sub>ud-in</sub> [kPa]	c <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	7.50	1	18.8	2972	25000	1.5E-3	0.002	5.0	25	55	55	4.0	20.46	39	39
7.50	10.00	2	19.0	15000	-	-	-	-	30	-	-	-	24.79	-	-
10.00	12.00	1	18.8	2972	25000	1.5E-3	0.002	5.0	25	55	55	4.0	20.46	39	39
12.00	18.00	3	19.0	22000	-	-	-	-	31	-	-	-	25.67	-	-
18.00	22.00	4	19.0	30000	-	-	-	-	33	-	-	-	27.45	-	-
22.00	60.00	5	19.5	60000	-	-	-	-	33	-	-	-	27.45	-	-

Con riferimento a quanto indicato nel cap. 5 del documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01, nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 8.2. ZONA OMOGENEA 2

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona omogenea in questione è riportata in **TABELLA 8-2**.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i corrispondenti parametri di deformabilità e di consolidazione per la valutazione dei cedimenti e i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

**TABELLA 8-2: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA OMOGENEA 2.**

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di deformabilità		Parametri di consolidazione		Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				E' [kPa]	E <sub>u</sub> [kPa]	c <sub>v</sub> cmq/s	c <sub>αε</sub> [-]	c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	c <sub>uk-in</sub> [kPa]	c <sub>uk-fin</sub> [kPa]	c' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	c <sub>ud-in</sub> [kPa]	c <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	4.00	1	18.8	2972	17500	1.5E-3	0.002	4.0	24	50	50	3.2	19.61	36	36
4.00	5.00	1	18.8	2972	60000	1.5E-3	0.002	4.0	24	35	65	3.2	19.61	25	46
5.00	10.00	1	18.8	2972- 4034.5	60000	1.3E-3	0.002	4.0	24	35	65	3.2	19.61	25	46
10.00	23.00	4	19.0	30000	-	-	-	-	33	-	-	-	27.45	-	-
23.00	60.00	5	19.5	55000	-	-	-	-	33	-	-	-	27.45	-	-

Con riferimento a quanto indicato nel cap. 5 del documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01, nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 9. VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI

Nel presente capitolo saranno riportate separatamente:

- le analisi relative alla stabilità delle scarpate dei rilevati;
- le analisi relative alla stabilità globale dei rilevati.

Per quanto concerne i criteri adottati per tali verifiche e le condizioni di analisi si rimanda all'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali verifiche geotecniche".

Le verifiche sono state condotte con riferimento alla stratigrafia riportata al precedente § 8.

Per completezza in aggiunta a tali parametri si riportano nella seguente tabella i parametri geotecnici caratteristici adottati per il materiale da rilevato ipotizzato in materiale stabilizzato a calce e per il terreno vegetale adottato per il rivestimento delle scarpate.

**TABELLA 9-1: PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO MATERIALE DA RILEVATO E TERRENO VEGETALE.**

Unità	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici			Parametri di resistenza al taglio di progetto		
		$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$c_{uk}$ [kPa]	$c'_d$ [kPa]	$\phi'_d$ [°]	$c_{ud}$ [kPa]
Materiale da rilevato	19.5	15	28	200.00	12	23.04	142.90
Terreno vegetale	18.5	5	24	-	4	19.61	

Con riferimento ai seguenti parametri per la determinazione di  $a_g$ :

- Vita nominale  $V_N$ : 100 anni;
- Classe d'uso: IV;
- Coefficiente d'uso  $C_U$ : 2.0;
- Periodo di riferimento  $V_R$ : 200 anni.

si riassumono nella seguente tabella, per ciascuna zona omogenea, i valori dei coefficienti sismici adottati nelle verifiche di stabilità ottenuti a partire dai massimi valori di  $a_g$  in corrispondenza dei comuni interessati dalla specifica zona omogenea.

**TABELLA 9-2: COEFFICIENTI SISMICI ADOTTATI PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ DEI RILEVATI.**

ZONA OMOGENEA	Comune	Categoria sottosuolo	$a_g$	$S_s$	$S_T$	$a_{max}$	$\beta_s$	$k_h$	$k_v$
1-2	Reggiolo	C	0.213	1.381	1.000	0.294	0.28	0.08231	$\pm 0.04115$

## 9.1. VERIFICHE DI STABILITÀ DEL CORPO RILEVATO

---

La geometria assunta per il corpo rilevato risulta analoga alla geometria dei rilevati autostradali in termini di pendenza delle scarpate e inserimento di banche intermedie ovvero:

- rilevati di altezza  $H_{ri} \leq 6.00$  m: pendenza delle scarpate pari a 2/3;
- rilevati di altezza  $6.00 \text{ m} < H_{ri} \leq 13.00$  m:
  - pendenza delle scarpate pari a 2/3;
  - larghezza banca pari a 2.00 m a 6.00 m dalla sommità del rilevato.

Inoltre tenuto conto che, per la viabilità interferita oggetto della presente trattazione:

- la larghezza della piattaforma risulta inferiore rispetto a quella dell'asse autostradale;
- il valore del periodo di riferimento per la determinazione dell'azione sismica,  $V_R = 200$  anni risulta il medesimo di quello dell'asse autostradale

si ritiene che le verifiche di stabilità del corpo rilevato siano soddisfatte in quanto risultano tali le verifiche di stabilità del corpo rilevato dell'asse autostradale. Per tali verifiche geotecniche si rimanda al documento PD\_0\_A00\_00000\_0\_GT\_RB\_03 "Relazione di verifiche geotecniche".

## 9.2. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI

Sulla base delle altezze massime di rilevato individuate in corrispondenza delle singole zone omogenee è stata analizzata la stabilità globale; in questo caso, le superfici di scorrimento interessano anche gli strati di terreno al di sotto del rilevato e consentono di definire la necessità di elementi di rinforzo alla base o all'interno del corpo rilevato. Nella seguente tabella si riassumono le altezze analizzate per le singole zone omogenee.

**TABELLA 9-3: ALTEZZE DI RILEVATO ANALIZZATE NELLE VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PER CIASCUNA ZONA OMOGENEA.**

ZONA OMOGENEA	H <sub>ril</sub> [m]	Nota
1	6.00	Massima altezza di rilevato senza banca intermedia
	13.50	Massima altezza di rilevato
2	6.00	Massima altezza di rilevato senza banca intermedia
	12.50	Massima altezza di rilevato

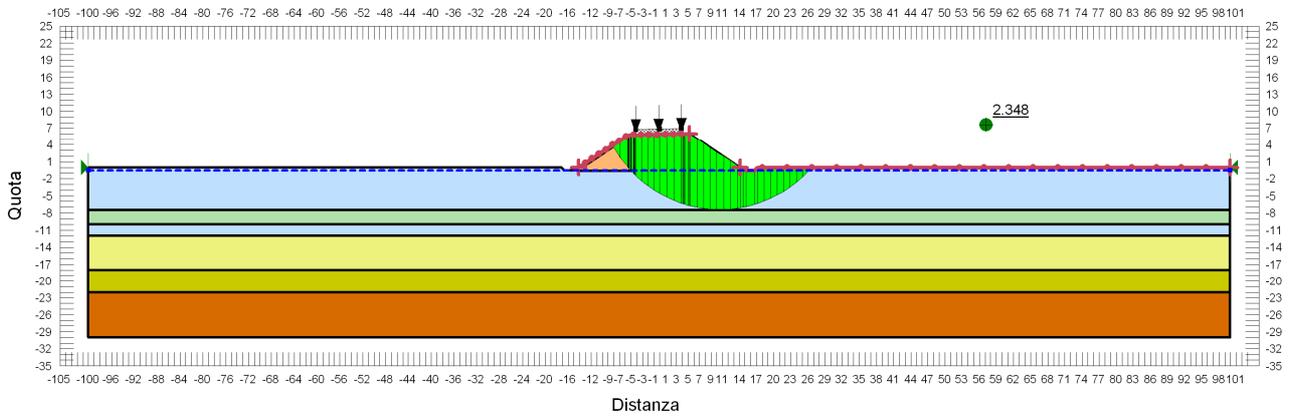
### 9.2.1. Zona Omogenea 1

#### 9.2.1.1 H<sub>ril</sub> = 6.00 m

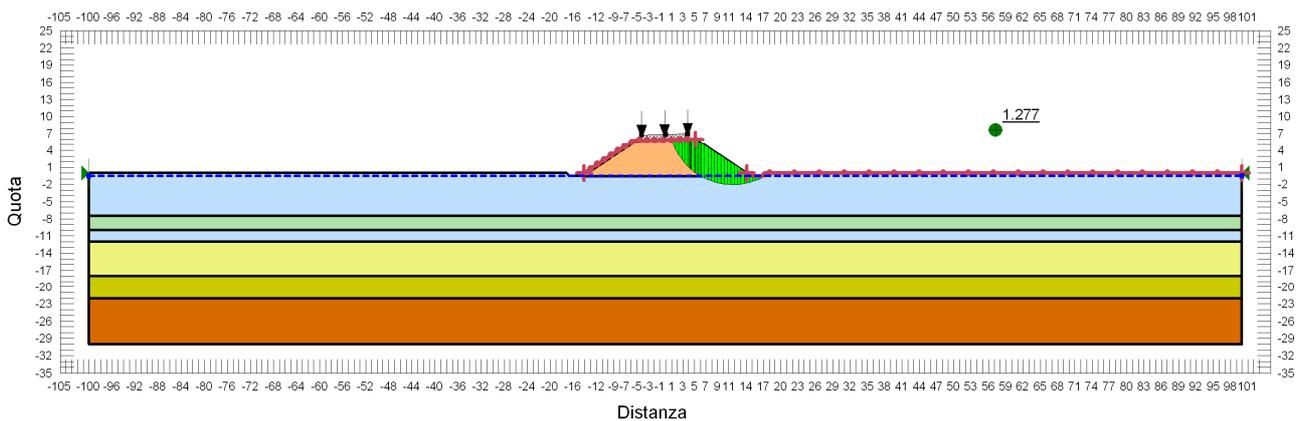
Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti per le diverse condizioni di calcolo per rilevati di altezza 6.00 m.

**TABELLA 9-4: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE H<sub>RIL</sub> = 6.00 M.**

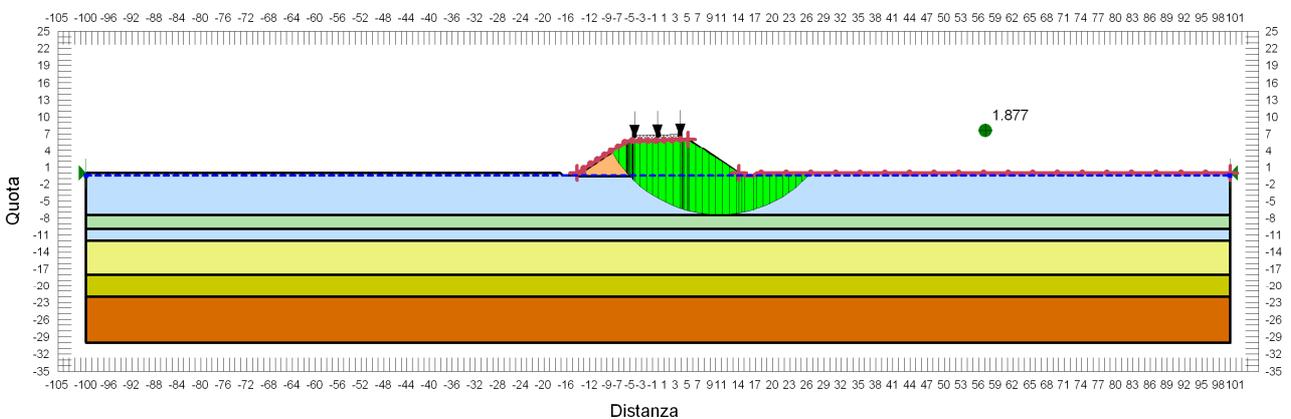
VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )			
	Cond. STATICA NON DRENATA	Cond. STATICA DRENATA	Cond. SISMA +	Cond. SISMA -
H=6.00 m	2.348	1.277	1.877	1.993



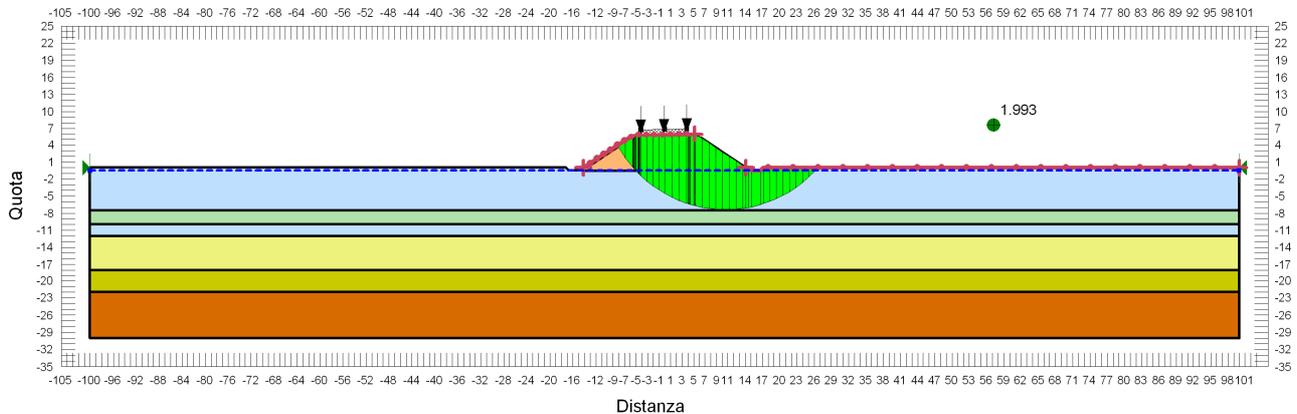
**FIGURA 9-1: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE STATICA NON DRENATA.**



**FIGURA 9-2: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE STATICA DRENATA.**



**FIGURA 9-3: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMA+.**



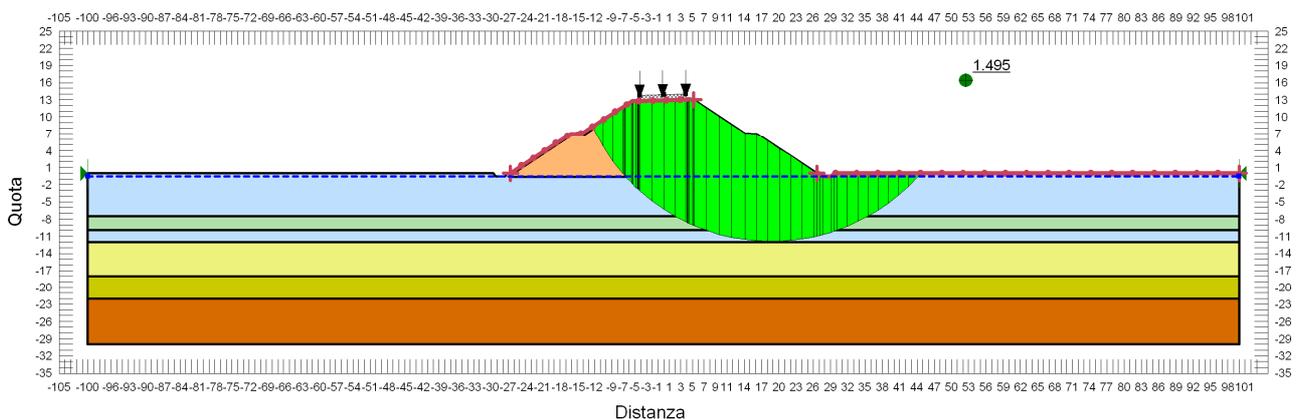
**FIGURA 9-4: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 m - CONDIZIONE SISMA-.**

### 9.2.1.2 $H_{ril} = 13.00 m$

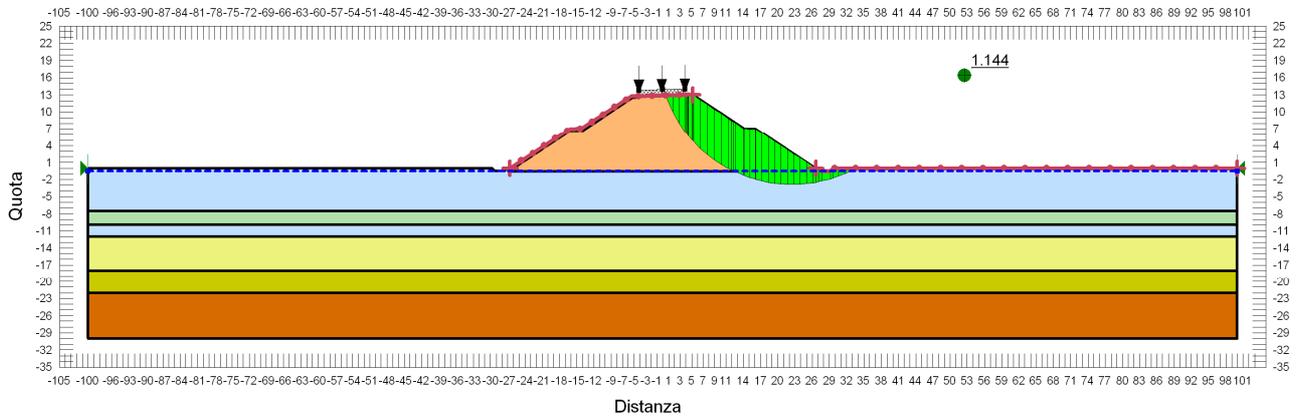
Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti per le diverse condizioni di calcolo per rilevati di altezza 13.00 m.

**TABELLA 9-5: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE  $H_{RIL} = 13.00 m$ .**

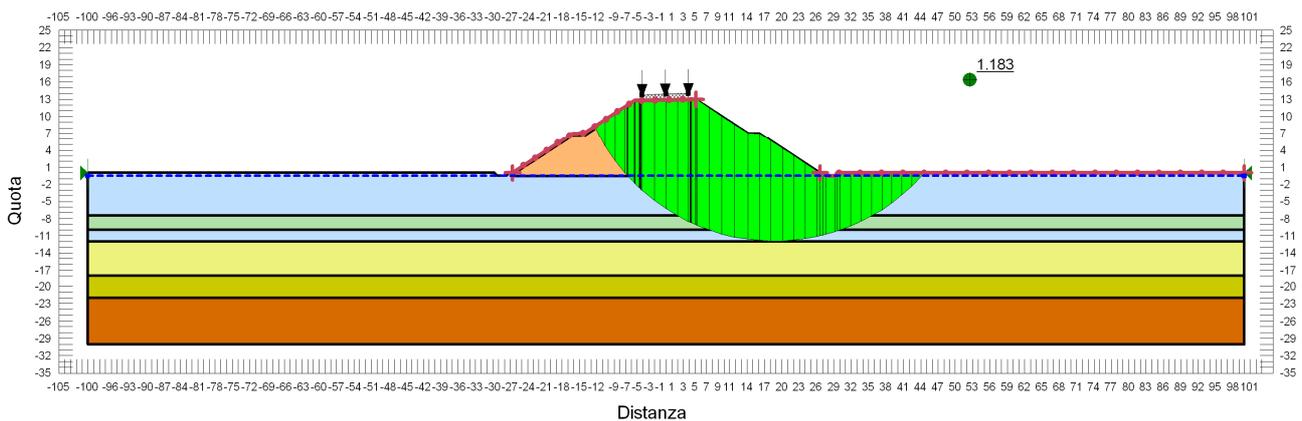
VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )			
	Cond. STATICA NON DRENATA	Cond. STATICA DRENATA	Cond. SISMA +	Cond. SISMA -
H=13.00 m	1.495	1.144	1.183	1.225



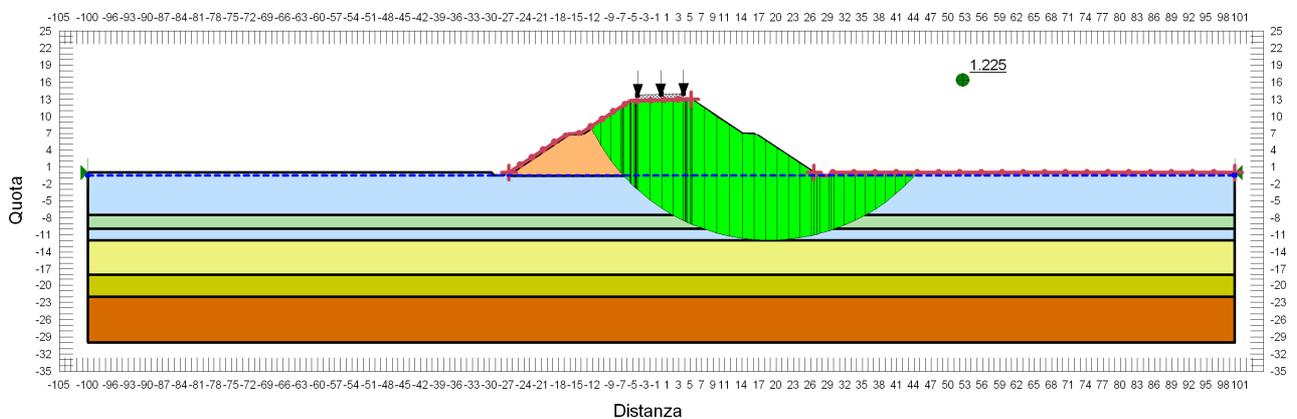
**FIGURA 9-5: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 m - CONDIZIONE STATICA NON DRENATA.**



**FIGURA 9-6: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 M - CONDIZIONE STATICA DRENATA.**



**FIGURA 9-7: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 M - CONDIZIONE SISMA+.**



**FIGURA 9-8: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 M - CONDIZIONE SISMA-.**

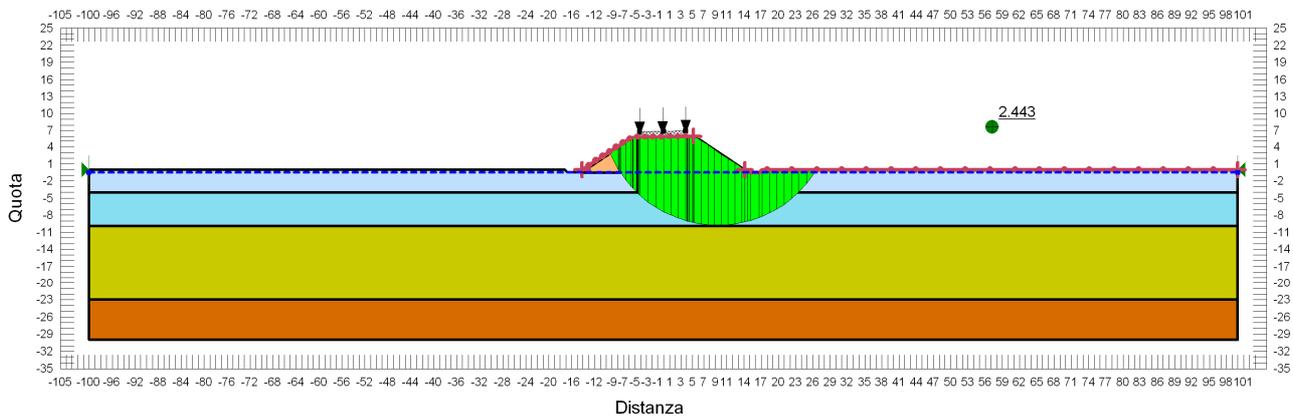
**9.2.2. Zona Omogenea 2**

9.2.2.1  $H_{ril} = 6.00\text{ m}$

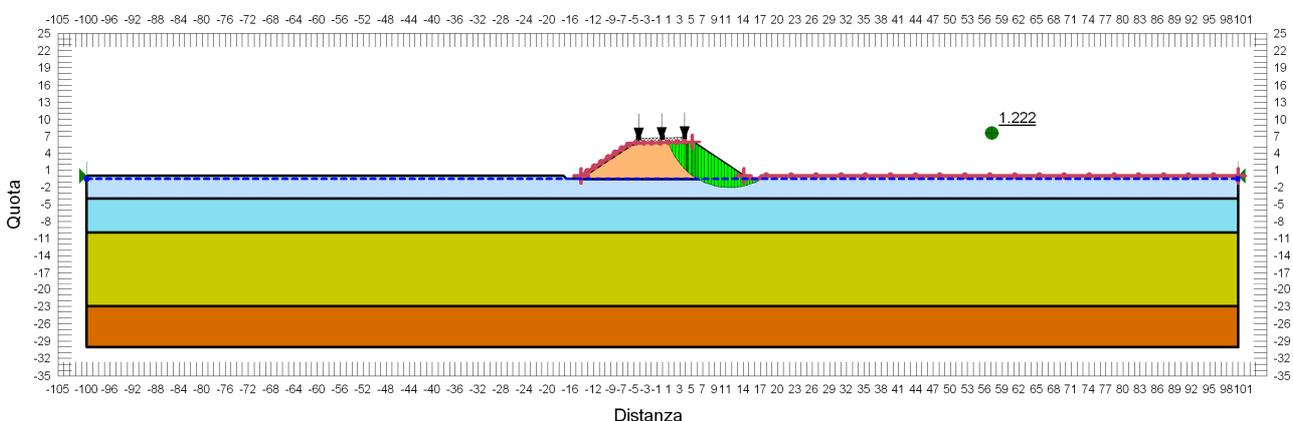
Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti per le diverse condizioni di calcolo per rilevati di altezza 6.00 m.

**TABELLA 9-6: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE  $H_{RIL} = 6.00\text{ M}$ .**

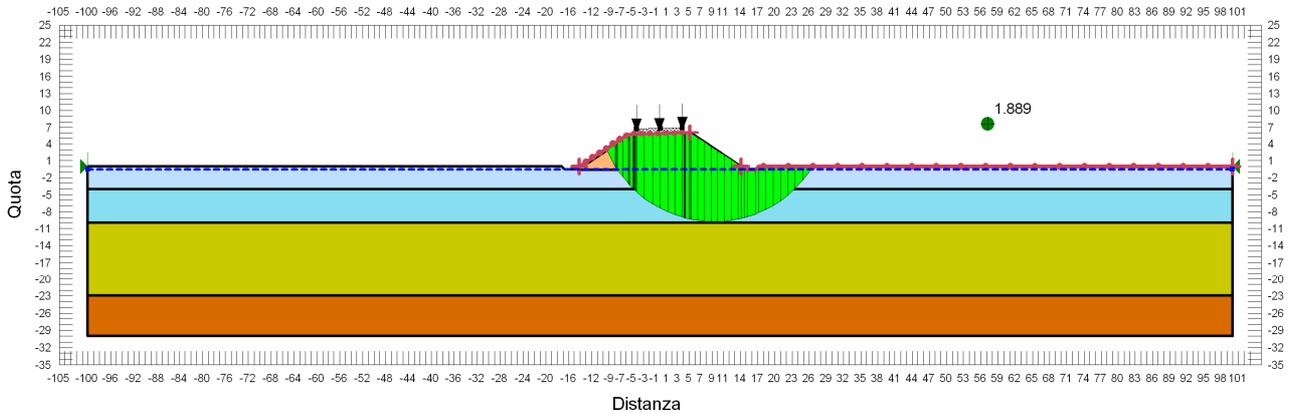
VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )			
	Cond. STATICA NON DRENATA	Cond. STATICA DRENATA	Cond. SISMA +	Cond. SISMA -
H=6.00 m	2.443	1.22	1.889	2.003



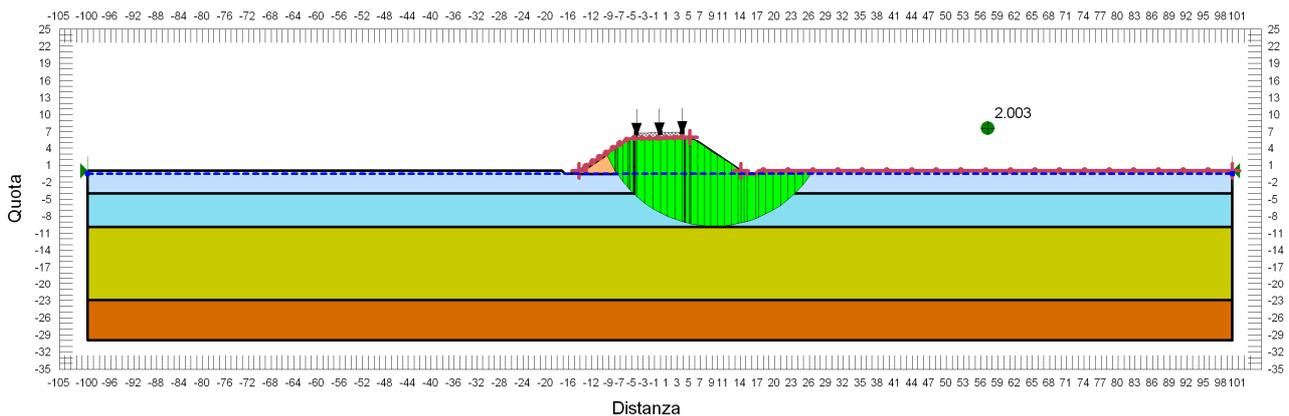
**FIGURA 9-9: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE STATICA NON DRENATA.**



**FIGURA 9-10: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE STATICA DRENATA.**



**FIGURA 9-11: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMA+.**



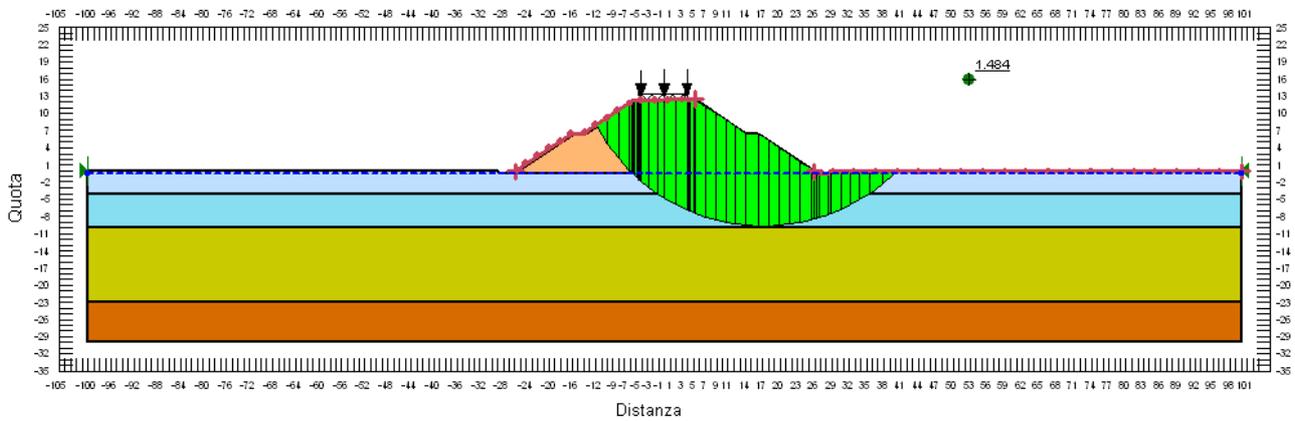
**FIGURA 9-12: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMA-.**

### 9.2.2.2 $H_{ril} = 12.50 m$

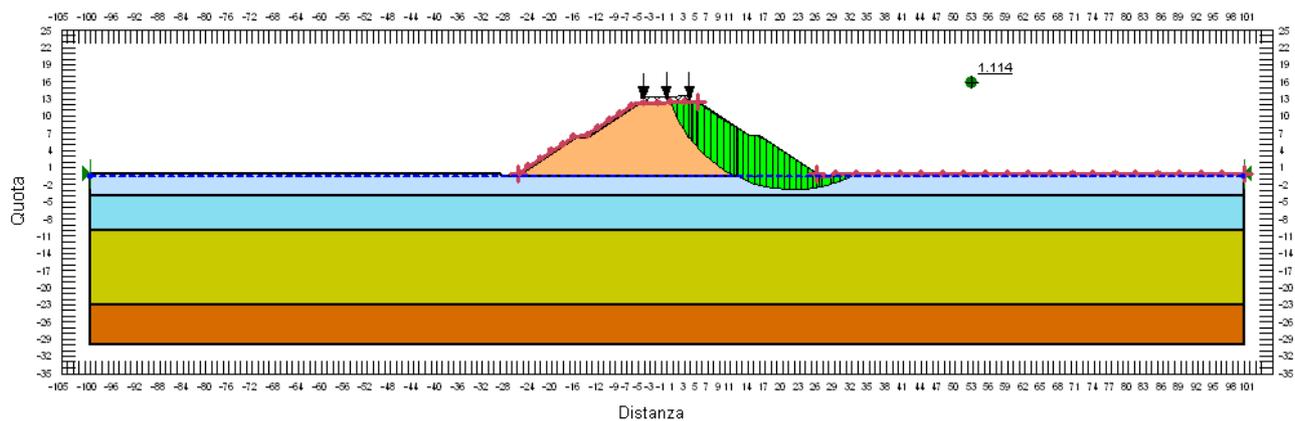
Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti per le diverse condizioni di calcolo per rilevati di altezza 12.50 m.

**TABELLA 9-7: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE  $H_{RIL} = 12.50 M$ .**

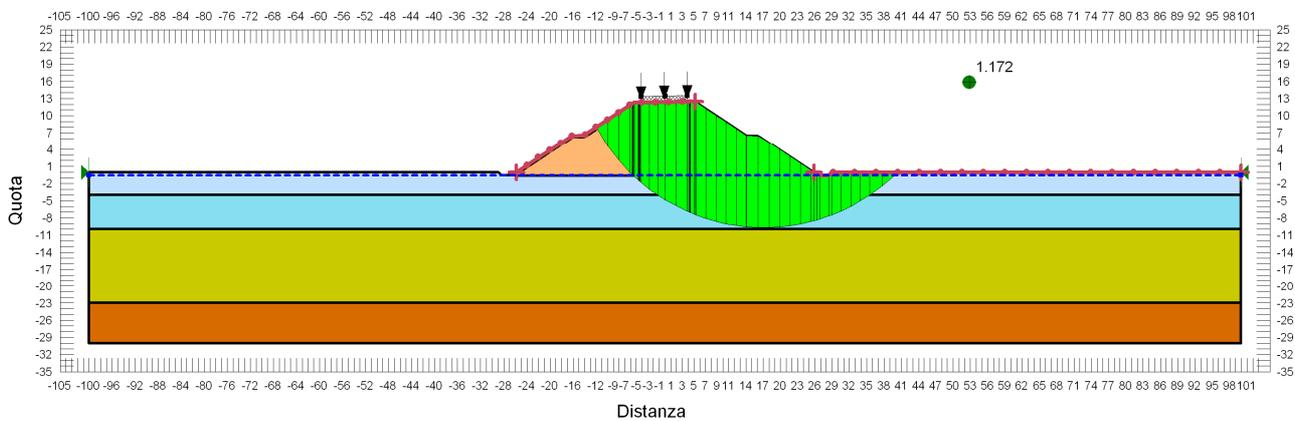
VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )			
	Cond. STATICA NON DRENATA	Cond. STATICA DRENATA	Cond. SISMA +	Cond. SISMA -
H=12.50 m	1.484	1.114	1.172	1.249



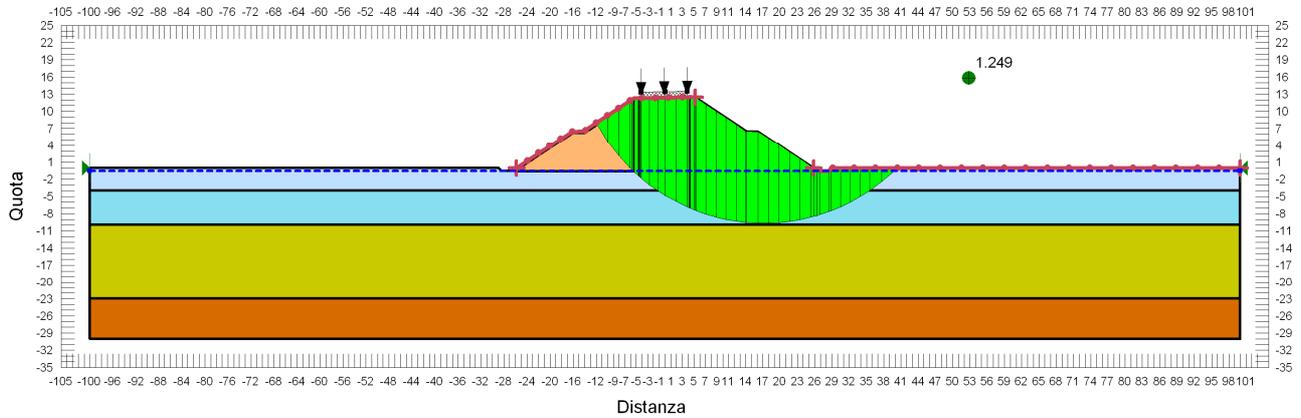
**FIGURA 9-13: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=12.50 M - CONDIZIONE STATICA NON DRENATA.**



**FIGURA 9-14: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=12.50 M - CONDIZIONE STATICA DRENATA.**



**FIGURA 9-15: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=12.50 M - CONDIZIONE SISMA+.**



**FIGURA 9-16: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=12.50 M - CONDIZIONE SISMA-**

## 10. STIMA DEI CEDIMENTI E LORO EVOLUZIONE NEL TEMPO

---

### 10.1. LIVELLI PRESTAZIONALI RILEVATI

---

Per la progettazione degli interventi di consolidamento al di sotto del rilevato corrente sono stati considerati i seguenti livelli prestazionali:

- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare **inferiore a 4.0 cm nel corso del primo anno di esercizio** ( $T_c+T_a+360\text{gg}$ );
- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_c+T_a$ ), deve risultare **inferiore a 15 cm nel corso dei primi 10 anni di esercizio** ( $T_c+T_a+3600\text{gg}$ );
- il cedimento residuo, dopo la messa in esercizio dell'opera ( $T_a+T_c$ ), deve risultare **inferiore a 45 cm nel corso dei primi 50 anni di esercizio** ( $T_c+T_a+18000\text{gg}$ );

dove:

$T_c$  è il tempo di costruzione del rilevato considerato pari a 10 gg/metro;

$T_a$  è il tempo che intercorre tra la fine della costruzione del rilevato e la realizzazione della sovrastruttura stradale.

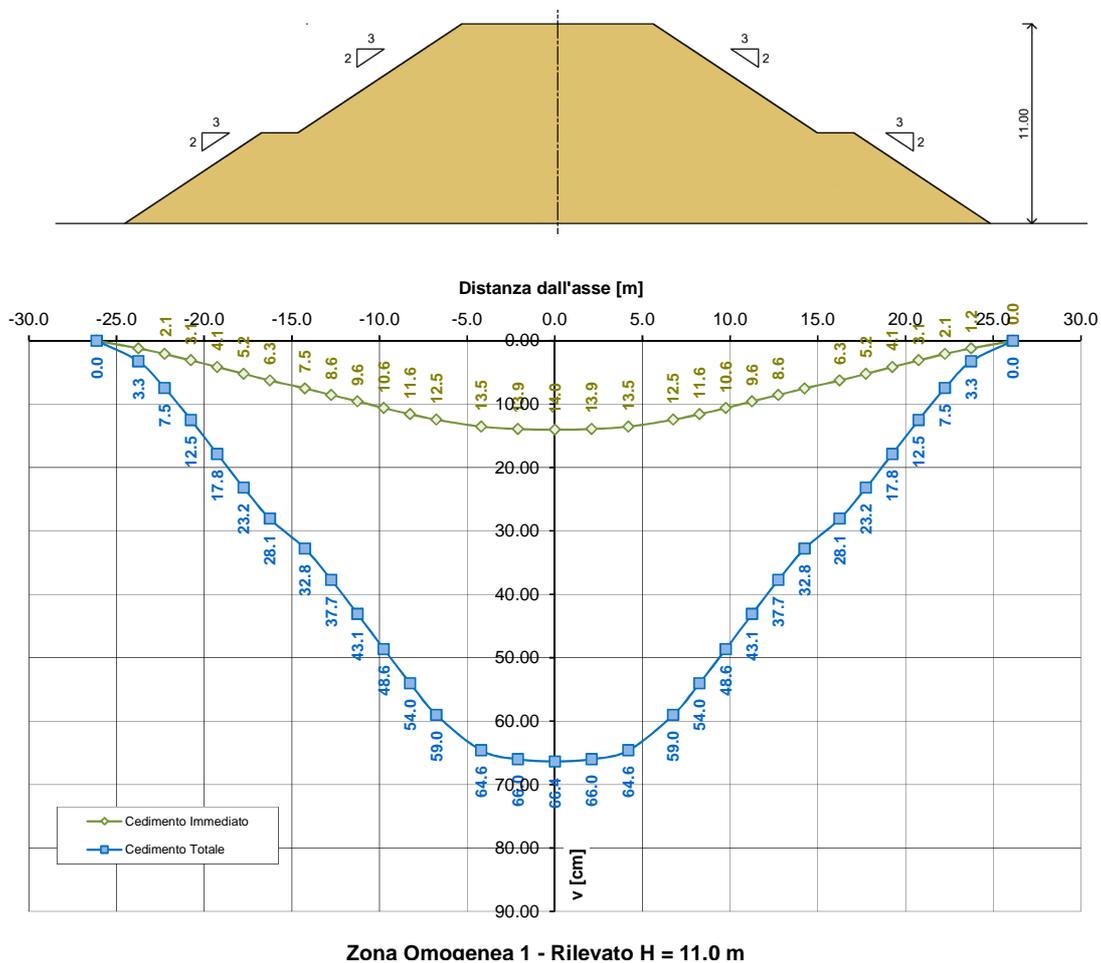
Le elaborazioni sono state condotte secondo quanto riportato nell'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.

## 10.2. ZONA OMOGENEA 1

La valutazione dei cedimenti è stata condotta con riferimento alla stratigrafia riportata al precedente §8.1.

### 10.2.1. H<sub>ril</sub>=11.00 m

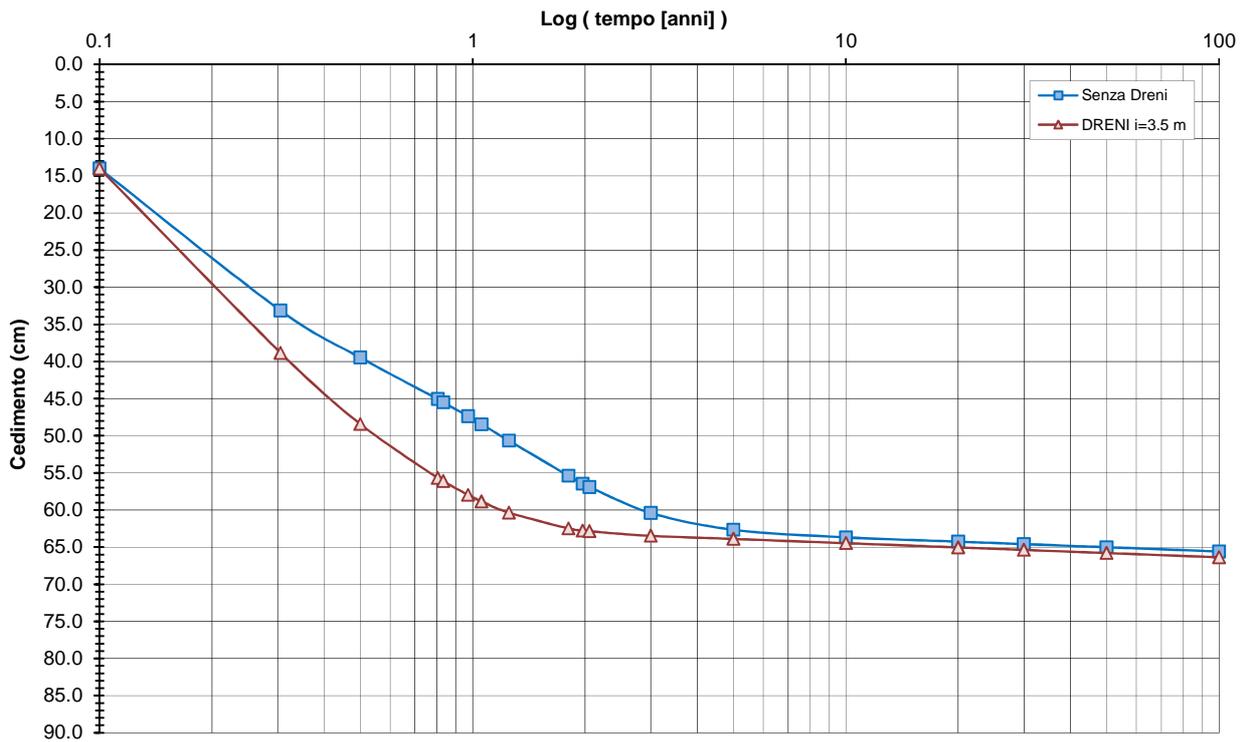
Si riporta nella seguente figura i cedimenti immediati e totali (immediati, consolidazione primaria e secondaria).



**FIGURA 10-1: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E TOTALI.**

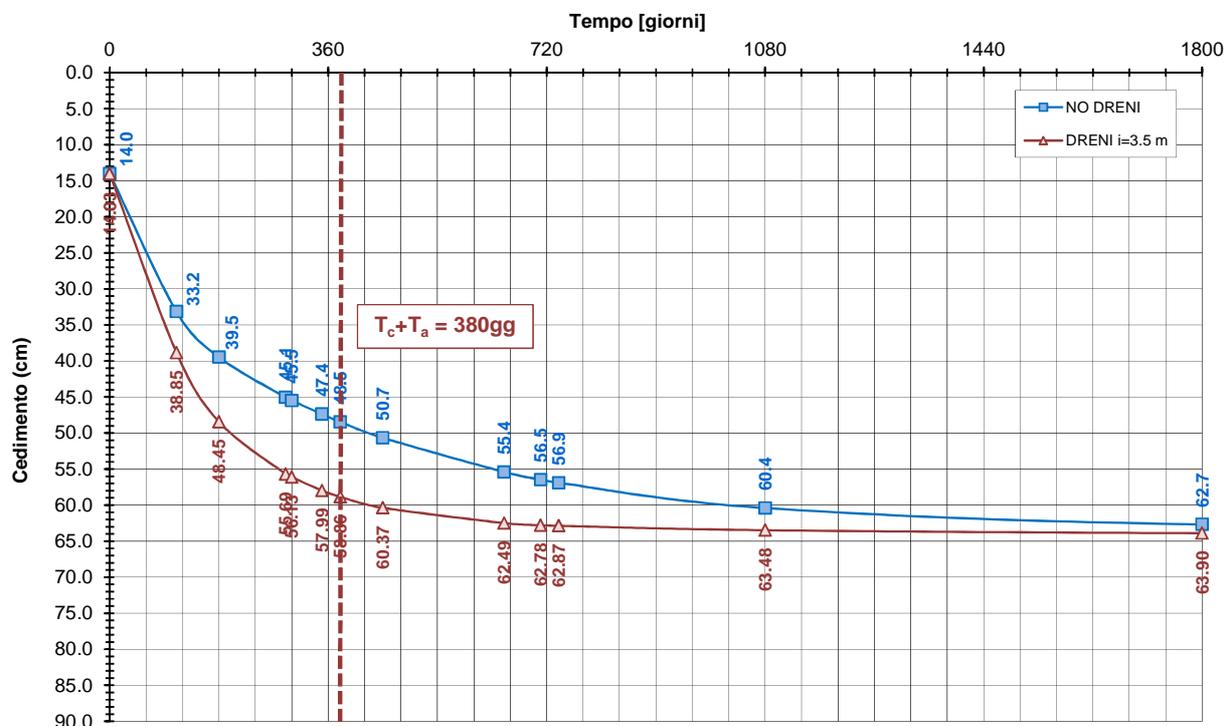
Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dei cedimenti totali (consolidazione primaria + consolidazione secondaria) nel tempo relativi rispettivamente agli intervalli temporali 0-100 anni e 0-5 anni.

**Zona Omogenea 1 - Rilevato H = 11.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-2: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA LOGARITMICA.**

**Zona Omogenea 1 - Rilevato H = 11.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-3: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA NATURALE.**

Nelle seguenti tabelle sono riportati rispettivamente le entità di cedimento immediato, di consolidazione primaria e secondaria e la valutazione del rispetto dei limiti prestazionali nel caso di dreni posti ad interasse pari a 3.5m e di lunghezza 7.5m.

**TABELLA 10-1: ENTITA' DEL CEDIMENTO A 100 ANNI – ZONA OMOGENEA 1.**

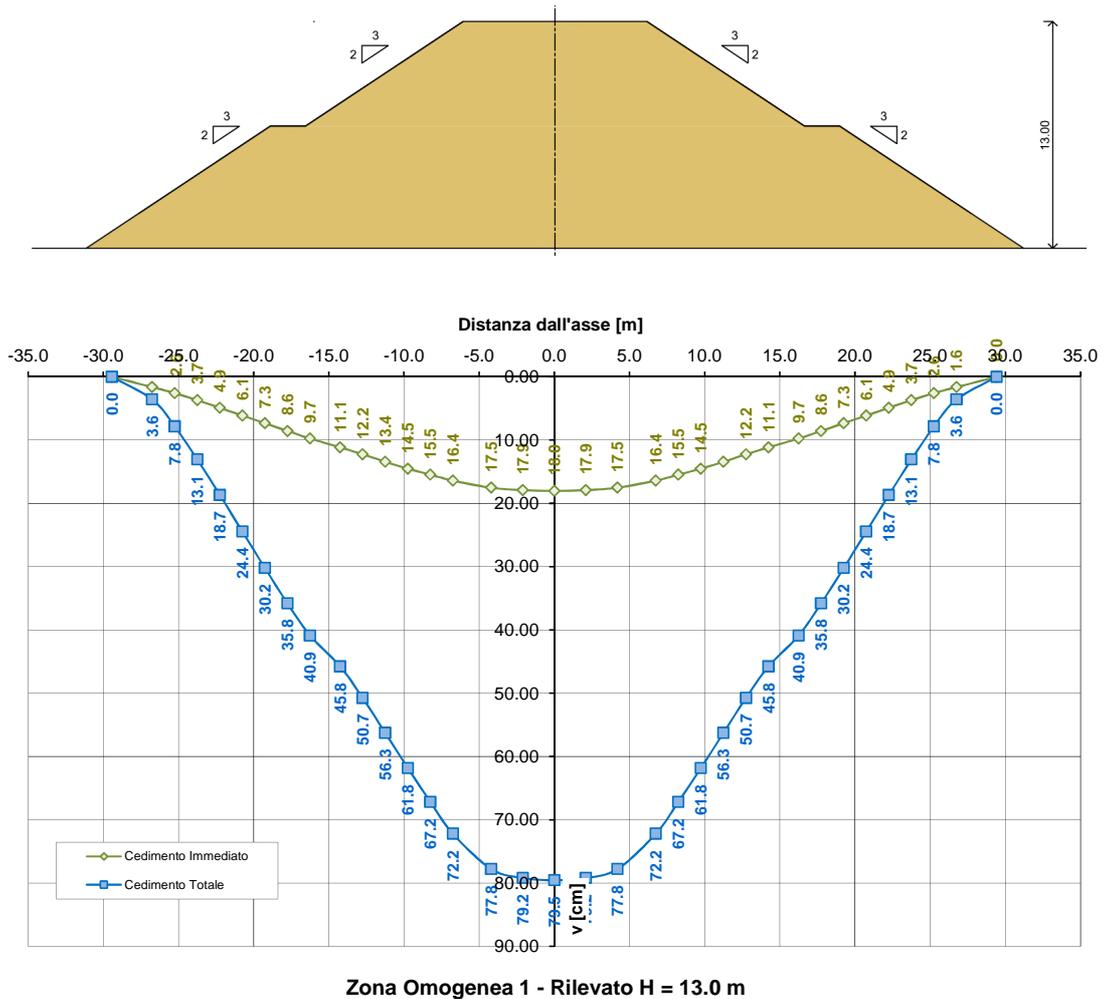
Cedimento immediato [cm]	14.0
Cedimento di consolidazione primaria [cm]	49.2
Cedimento di consolidazione secondaria [cm]	3.2

**TABELLA 10-2: VERIFICA LIMITI PRESTAZIONALI – ZONA OMOGENEA 1.**

Tempi	Cedimento in funzione delle caratteristiche dell'intervento previsto [cm]	
$T_c + T_a$	58.9	
$T_c + T_a + 360\text{gg}$	62.9	$\Delta_{1^\text{anno}} = 4.0 \text{ cm} < 4.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 3600\text{gg}$	64.5	$\Delta_{10^\text{anno}} = 5.6 \text{ cm} < 15.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 18000\text{gg}$	65.8	$\Delta_{50^\text{anno}} = 6.9 \text{ cm} < 45.0 \text{ cm}$

**10.2.2.  $H_{r11}=13.00\text{ m}$**

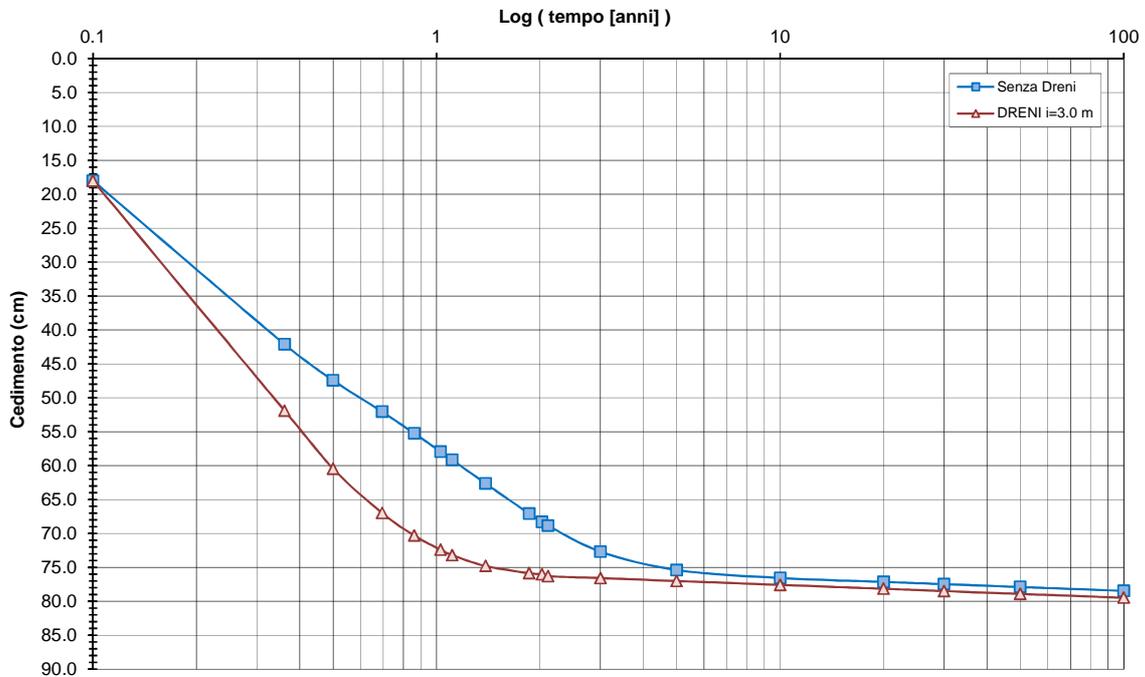
Si riporta nella seguente figura i cedimenti immediati e totali (immediati, consolidazione primaria e secondaria).



**FIGURA 10-4: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E TOTALI.**

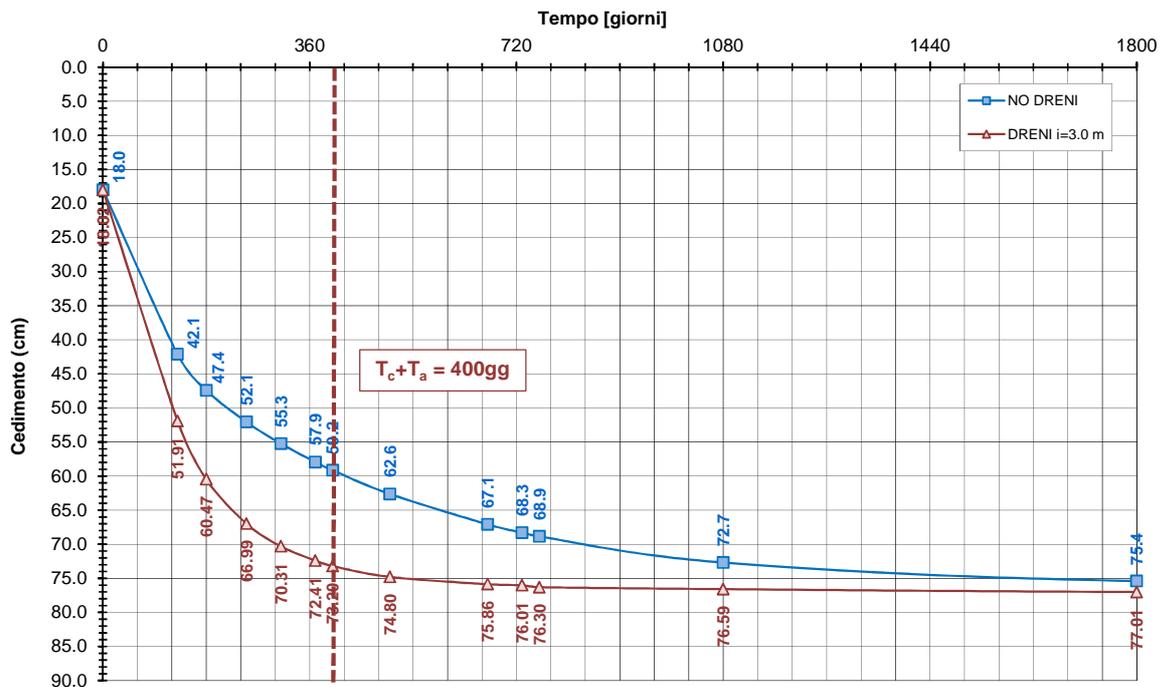
Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dei cedimenti totali (consolidazione primaria + consolidazione secondaria) nel tempo relativi rispettivamente agli intervalli temporali 0-100 anni e 0-5 anni.

**Zona Omogenea 1 - Rilevato H = 13.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-5: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA LOGARITMICA.**

**Zona Omogenea 1 - Rilevato H = 13.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-6: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA NATURALE.**

Nelle seguenti tabelle sono riportati rispettivamente le entità di cedimento immediato, di consolidazione primaria e secondaria e la valutazione del rispetto dei limiti prestazionali nel caso di dreni posti ad interasse pari a 3.0me di lunghezza 7.5m.

**TABELLA 10-3: ENTITA' DEL CEDIMENTO A 100 ANNI – ZONA OMOGENEA 1.**

Cedimento immediato [cm]	18.0
Cedimento di consolidazione primaria [cm]	58.1
Cedimento di consolidazione secondaria [cm]	3.4

**TABELLA 10-4: VERIFICA LIMITI PRESTAZIONALI – ZONA OMOGENEA 1.**

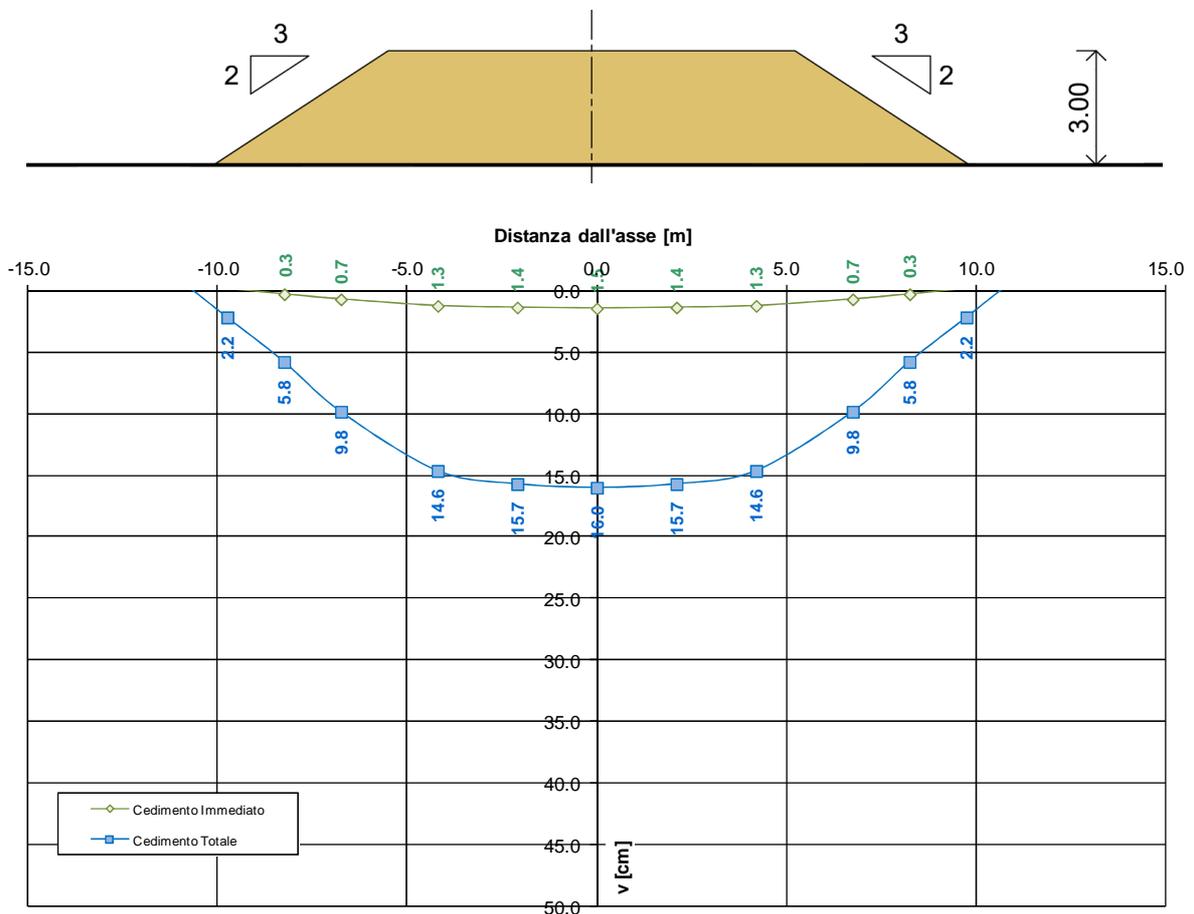
Tempi	Cedimento in funzione delle caratteristiche dell'intervento previsto [cm]	
$T_c + T_a$	73.2	
$T_c + T_a + 360gg$	76.3	$\Delta_{1^{\circ}anno} = 3.1 \text{ cm} < 4.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 3600gg$	77.6	$\Delta_{10^{\circ}anno} = 4.4 \text{ cm} < 15.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 18000gg$	78.9	$\Delta_{50^{\circ}anno} = 5.7 \text{ cm} < 45.0 \text{ cm}$

### 10.3. ZONA OMOGENEA 2

La valutazione dei cedimenti è stata condotta con riferimento alla stratigrafia riportata al precedente §8.

#### 10.3.1. $H_{ril}=3.00$ m

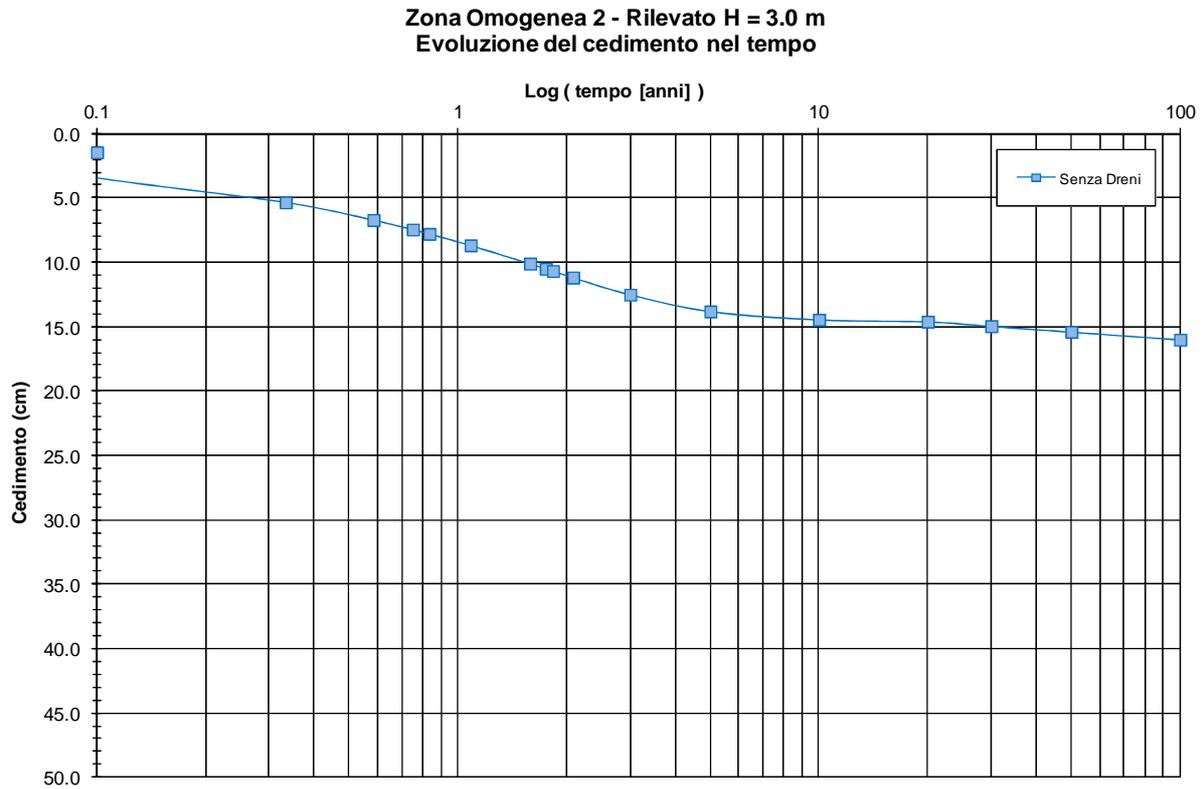
Si riporta nella seguente figura i cedimenti immediati e totali (immediati, consolidazione primaria e secondaria).



Zona Omogenea 2 - Rilevato H = 3.0 m

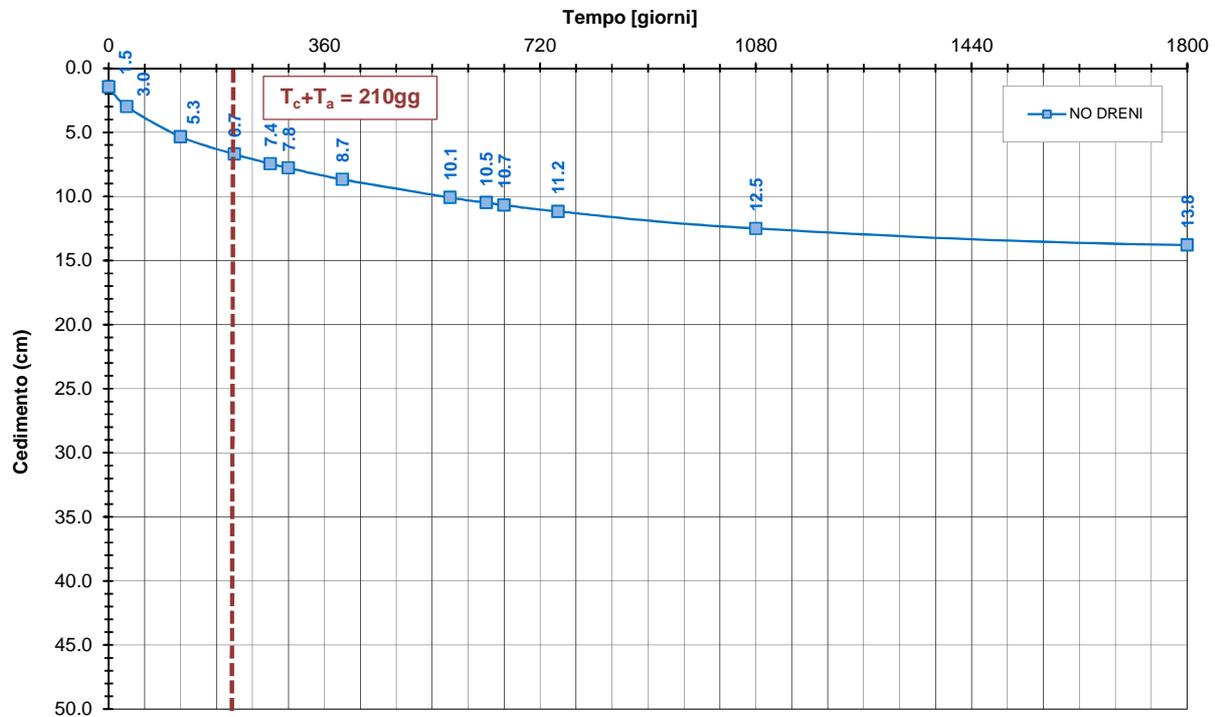
FIGURA 10-7: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E TOTALI.

Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dei cedimenti totali (consolidazione primaria + consolidazione secondaria) nel tempo relativi rispettivamente agli intervalli temporali 0-100 anni e 0-5 anni.



**FIGURA 10-8: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA LOGARITMICA.**

**Zona Omogenea 2 - Rilevato H = 3.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-9: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA NATURALE.**

Nelle seguenti tabelle sono riportati rispettivamente le entità di cedimento immediato, di consolidazione primaria e secondaria e la valutazione del rispetto dei limiti prestazionali nel caso di assenza di interventi di consolidamento.

**TABELLA 10-5: ENTITA' DEL CEDIMENTO A 100 ANNI – ZONA OMOGENEA 2.**

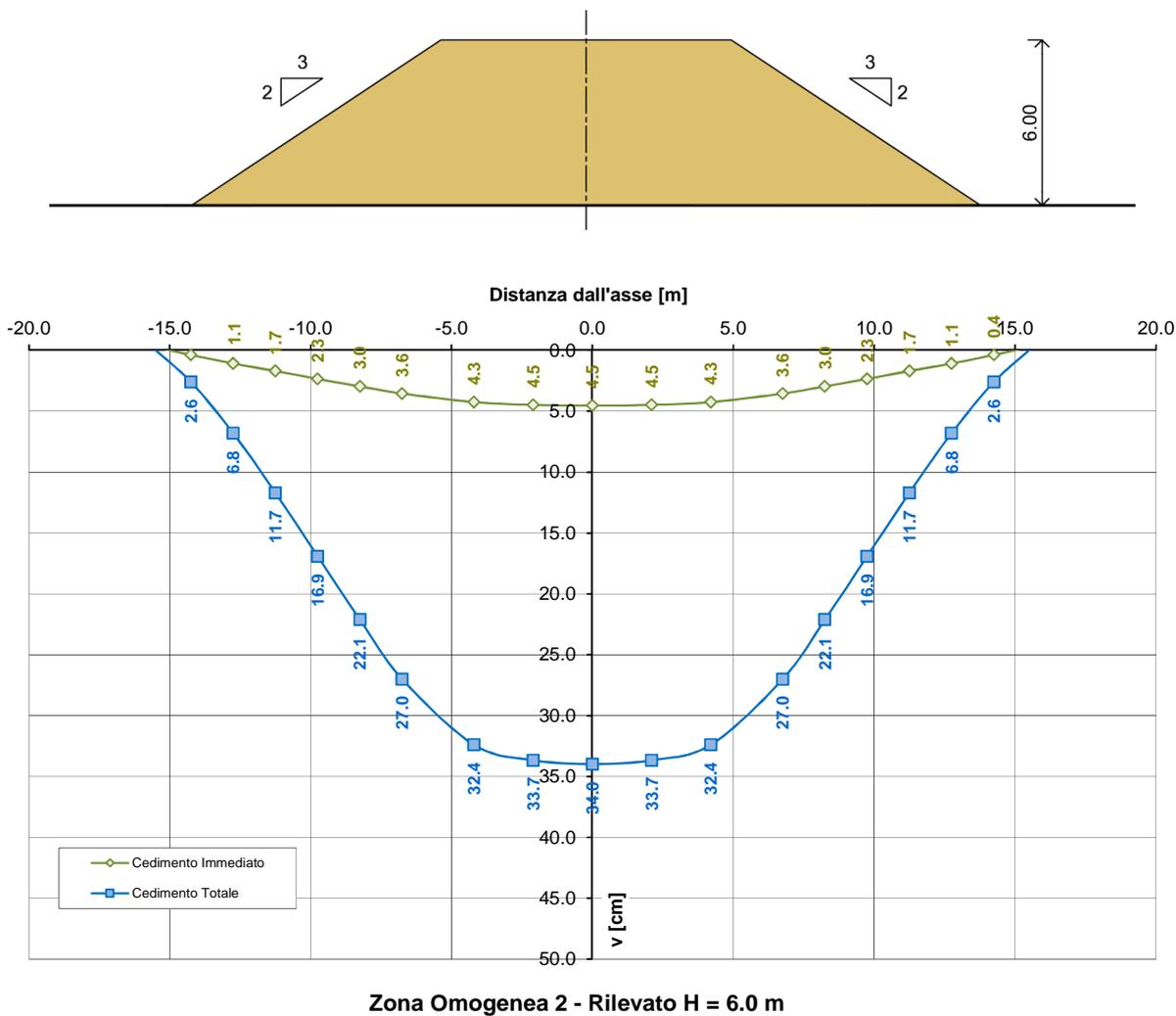
Cedimento immediato [cm]	1.5
Cedimento di consolidazione primaria [cm]	13.2
Cedimento di consolidazione secondaria [cm]	1.3

**TABELLA 10-6: VERIFICA LIMITI PRESTAZIONALI – ZONA OMOGENEA 2.**

Tempi	Cedimento in funzione delle caratteristiche dell'intervento previsto [cm]	
$T_c + T_a$	6.7	
$T_c + T_a + 360gg$	10.1	$\Delta_{1^{\text{anno}}} = 3.4 \text{ cm} < 4.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 3600gg$	14.5	$\Delta_{10^{\text{anno}}} = 7.8 \text{ cm} < 15.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 18000gg$	15.4	$\Delta_{50^{\text{anno}}} = 8.7 \text{ cm} < 45.0 \text{ cm}$

**10.3.2.  $H_{ril}=6.00$  m**

Si riporta nella seguente figura i cedimenti immediati e totali (immediati, consolidazione primaria e secondaria).



**FIGURA 10-10: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E TOTALI.**

Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dei cedimenti totali (consolidazione primaria + consolidazione secondaria) nel tempo relativi rispettivamente agli intervalli temporali 0-100 anni e 0-5 anni.

Zona Omogenea 2 - Rilevato H = 6.0 m  
 Evoluzione del cedimento nel tempo

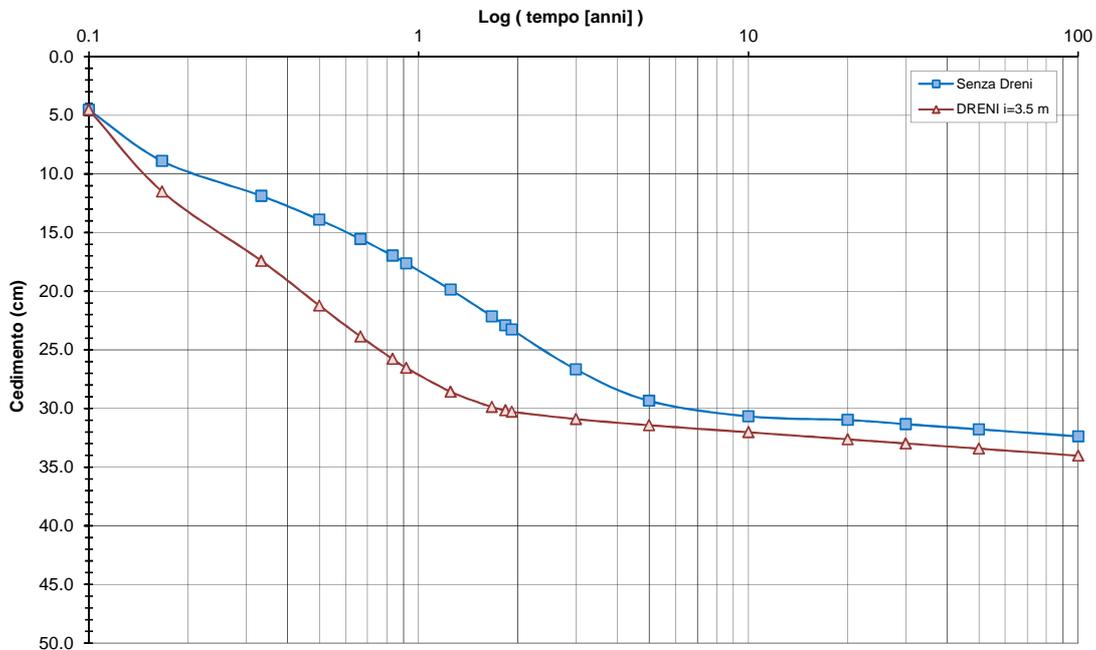


FIGURA 10-11: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA LOGARITMICA.

Zona Omogenea 2 - Rilevato H = 6.0 m  
 Evoluzione del cedimento nel tempo

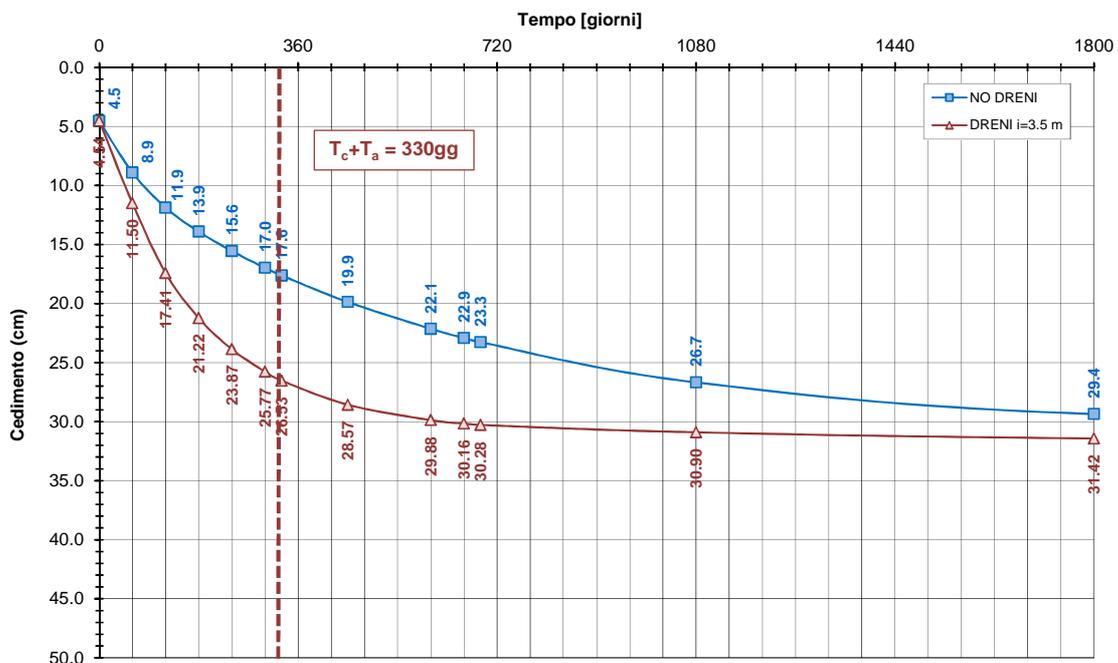


FIGURA 10-12: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA NATURALE.

Nelle seguenti tabelle sono riportati rispettivamente le entità di cedimento immediato, di consolidazione primaria e secondaria e la valutazione del rispetto dei limiti prestazionali nel caso di dreni posti ad interasse pari a 3.5m e di lunghezza 10.0m.

**TABELLA 10-7: ENTITA' DEL CEDIMENTO A 100 ANNI – ZONA OMOGENEA 2.**

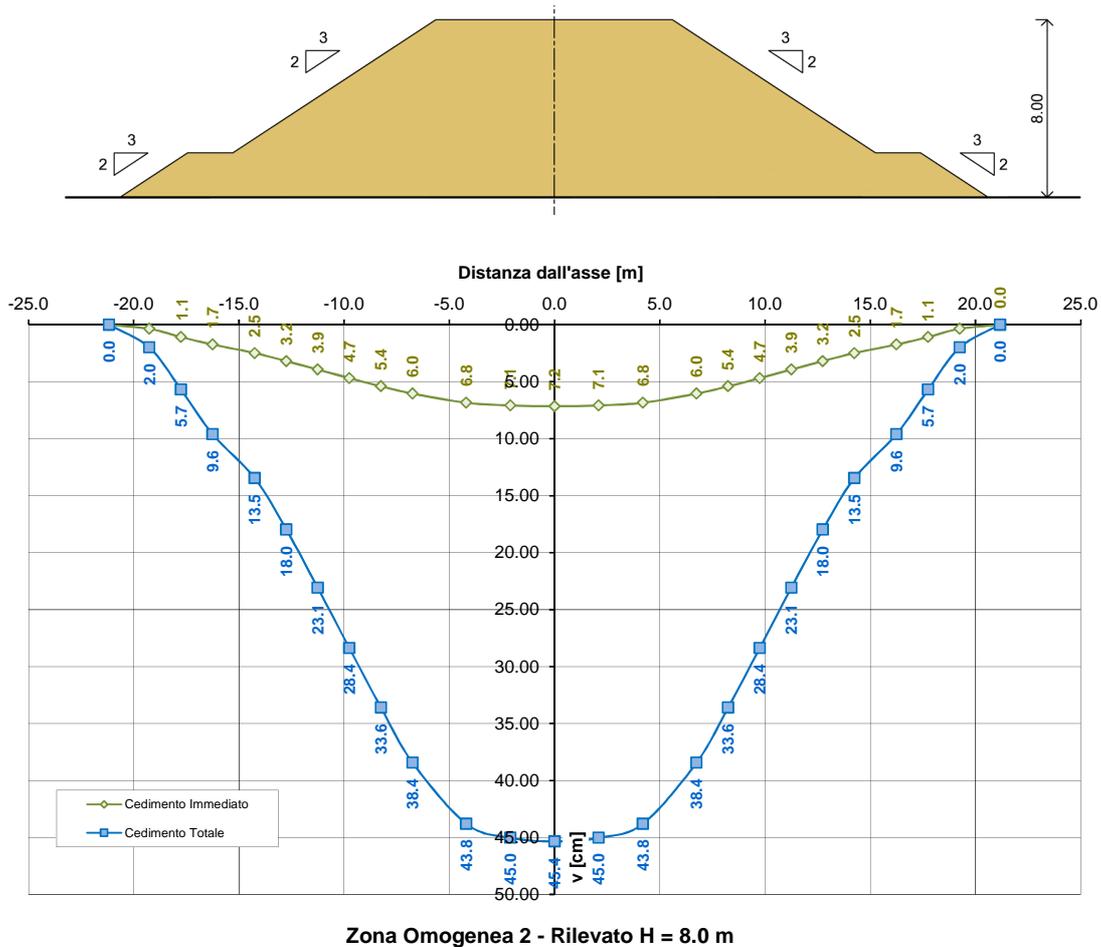
Cedimento immediato [cm]	4.5
Cedimento di consolidazione primaria [cm]	26.4
Cedimento di consolidazione secondaria [cm]	3.1

**TABELLA 10-8: VERIFICA LIMITI PRESTAZIONALI – ZONA OMOGENEA 2.**

Tempi	Cedimento in funzione delle caratteristiche dell'intervento previsto [cm]	
$T_c + T_a$	26.5	
$T_c + T_a + 360gg$	30.3	$\Delta_{1^{\circ}anno} = 3.8 \text{ cm} < 4.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 3600gg$	32.1	$\Delta_{10^{\circ}anno} = 5.6 \text{ cm} < 15.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 18000gg$	33.4	$\Delta_{50^{\circ}anno} = 6.9 \text{ cm} < 45.0 \text{ cm}$

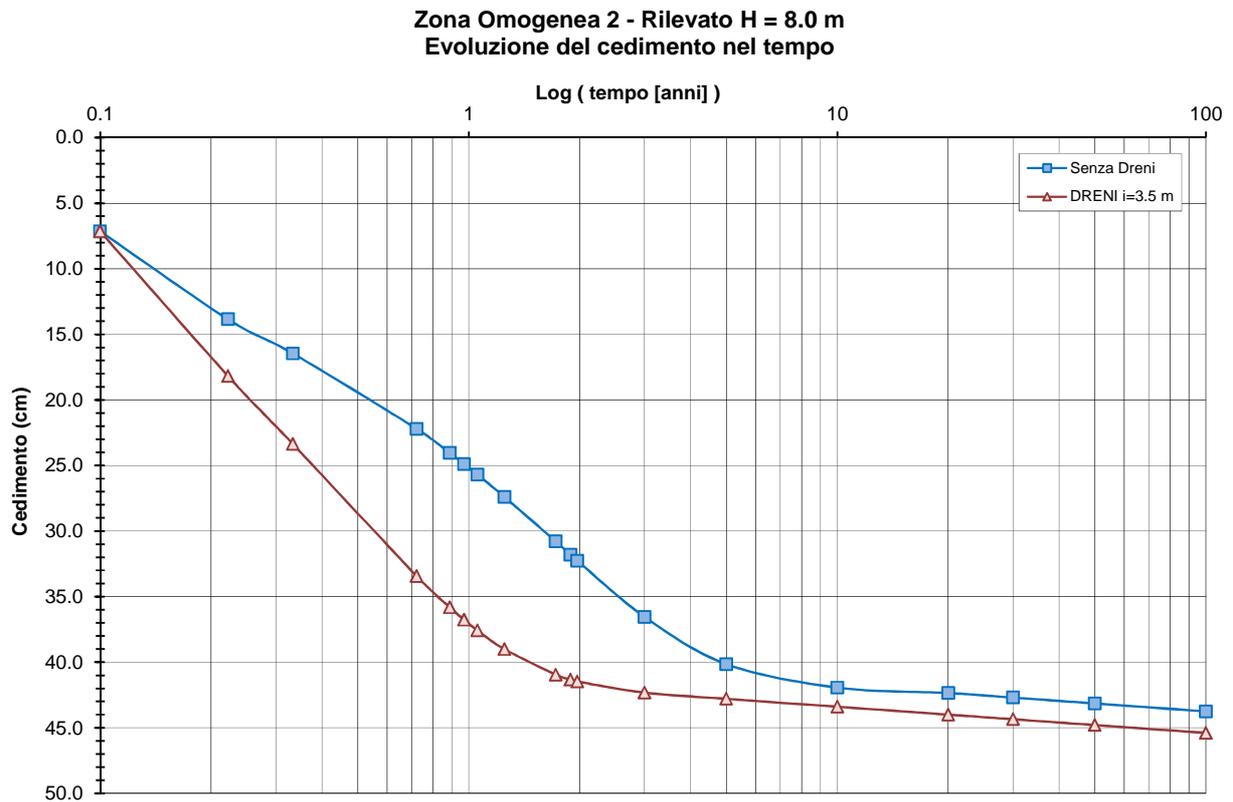
**10.3.3.  $H_{ril}=8.00\text{ m}$**

Si riporta nella seguente figura i cedimenti immediati e totali (immediati, consolidazione primaria e secondaria).



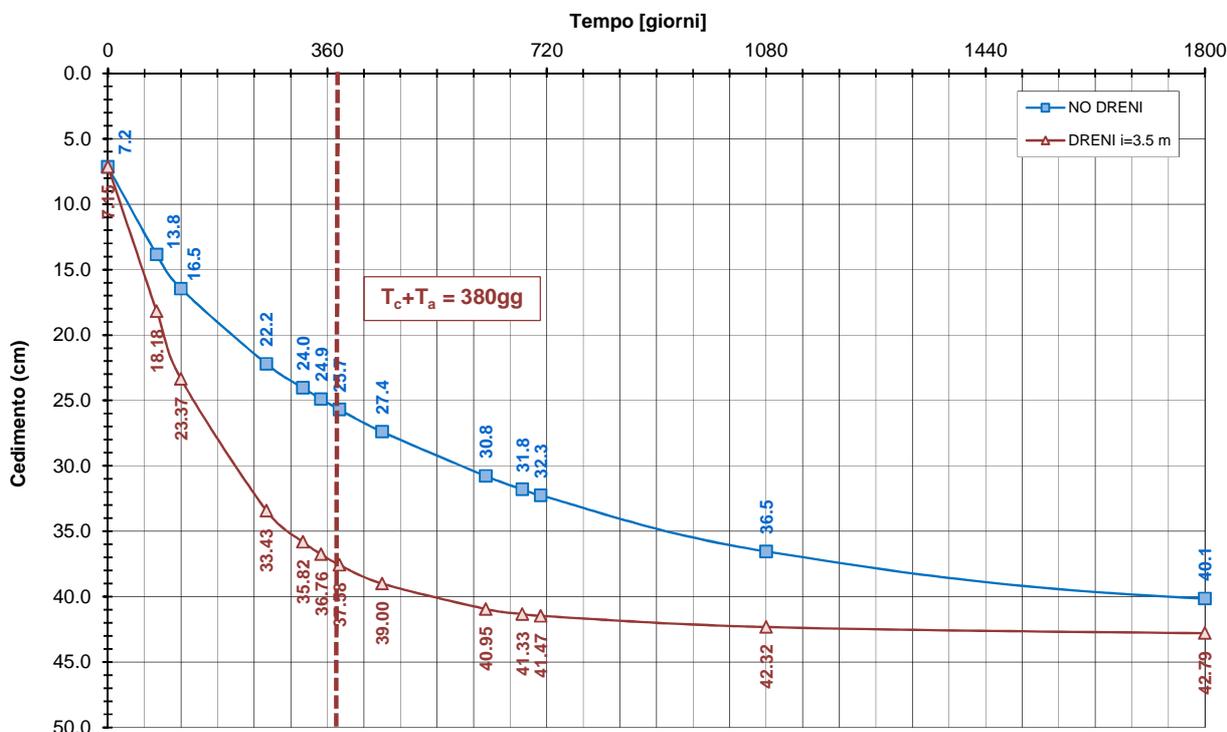
**FIGURA 10-13: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI IMMEDIATI E TOTALI.**

Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dei cedimenti totali (consolidazione primaria + consolidazione secondaria) nel tempo relativi rispettivamente agli intervalli temporali 0-100 anni e 0-5 anni.



**FIGURA 10-14: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA LOGARITMICA.**

**Zona Omogenea 2 - Rilevato H = 8.0 m**  
**Evoluzione del cedimento nel tempo**



**FIGURA 10-15: EVOLUZIONE DEL CEDIMENTO NEL TEMPO – SCALA NATURALE.**

Nelle seguenti tabelle sono riportati rispettivamente le entità di cedimento immediato, di consolidazione primaria e secondaria e la valutazione del rispetto dei limiti prestazionali nel caso di dreni posti ad interasse 3.5 m e di lunghezza 10.0m.

**TABELLA 10-9: ENTITA' DEL CEDIMENTO A 100 ANNI – ZONA OMOGENEA 2.**

Cedimento immediato [cm]	7.2
Cedimento di consolidazione primaria [cm]	35.2
Cedimento di consolidazione secondaria [cm]	3.0

**TABELLA 10-10: VERIFICA LIMITI PRESTAZIONALI – ZONA OMOGENEA 2.**

Tempi	Cedimento in funzione delle caratteristiche dell'intervento previsto [cm]	
$T_c + T_a$	37.6	
$T_c + T_a + 360\text{gg}$	41.5	$\Delta_{1^\text{anno}} = 3.9 \text{ cm} < 4.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 3600\text{gg}$	43.5	$\Delta_{10^\text{anno}} = 5.9 \text{ cm} < 15.0 \text{ cm}$
$T_c + T_a + 18000\text{gg}$	44.8	$\Delta_{50^\text{anno}} = 7.2 \text{ cm} < 45.0 \text{ cm}$

## 11. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO PER I RILEVATI IN CORRISPONDENZA DELLE SPALLE DELLE OPERE D'ARTE

Per la valutazione dei cedimenti si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03.

In particolare gli interventi previsti sono riassunti nella seguente tabella.

TABELLA 11-1: INTERVENTI SPALLE OPERE D'ARTE.

Opera d'arte	Tipologia opera	Tipologia Spalla	Tipologia dreni	$L_d$ (valutata da piano campagna) [m]	$i_d$ [m]	$H_{precarico}$ [m]	$T_c$ (Tempo di costruzione)	$T_a$ (Tempo di attesa: fine esecuzione rilevato - esecuzione della spalla)	Rilevato di approccio in LECA?	Impiego di un palanco lato?
IVI01 Viadotto Rampa N-E su FS VR-MO	Iperstatico	passante (2 file di pali)	dreni a nastro	13.0	2.5	2.0	10 gg/metro	12 mesi	no	no
IVI02 Viadotto Rampa Est-Sud su A22	Iperstatico	passante	dreni a nastro	13.0	2.5	2.0	10 gg/metro	12 mesi	no	no

## 12. VERIFICA DI STABILITÀ NEI CONFRONTI DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Tale capitolo è finalizzato alla stima dell'occorrenza dei fenomeni di liquefazione del tratto di interconnessione in oggetto; in particolare si sono utilizzati i risultati provenienti da prove penetrometriche con piezocono eseguite durante la campagna d'indagine.

La verifica a liquefazione è stata articolata nelle seguenti fasi:

- analisi dei dati di pericolosità sismica finalizzata all'individuazione dei parametri di pericolosità ( $a_g$  e  $M_w$ ) variabili a seconda della vita nominale dell'opera, della categoria di sottosuolo e del comune in cui è stata eseguita la verticale di indagine;
- verifica preliminare di suscettibilità alla liquefazione, mediante la classificazione riportata nel paragrafo 7.11.3.4.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008);
- verifiche di sicurezza, mediante metodi semplificati, atte a fornire l'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) con la profondità ed il relativo Indice del potenziale di liquefazione IL;
- individuazione delle verticali d'indagine che presentano elevato potenziale di rottura (indicativamente  $IL > 5$ ) e conseguente stima dei possibili cedimenti permanenti dei terreni granulari liquefacibili.

Le elaborazioni sono state condotte secondo quanto riportato nell'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.

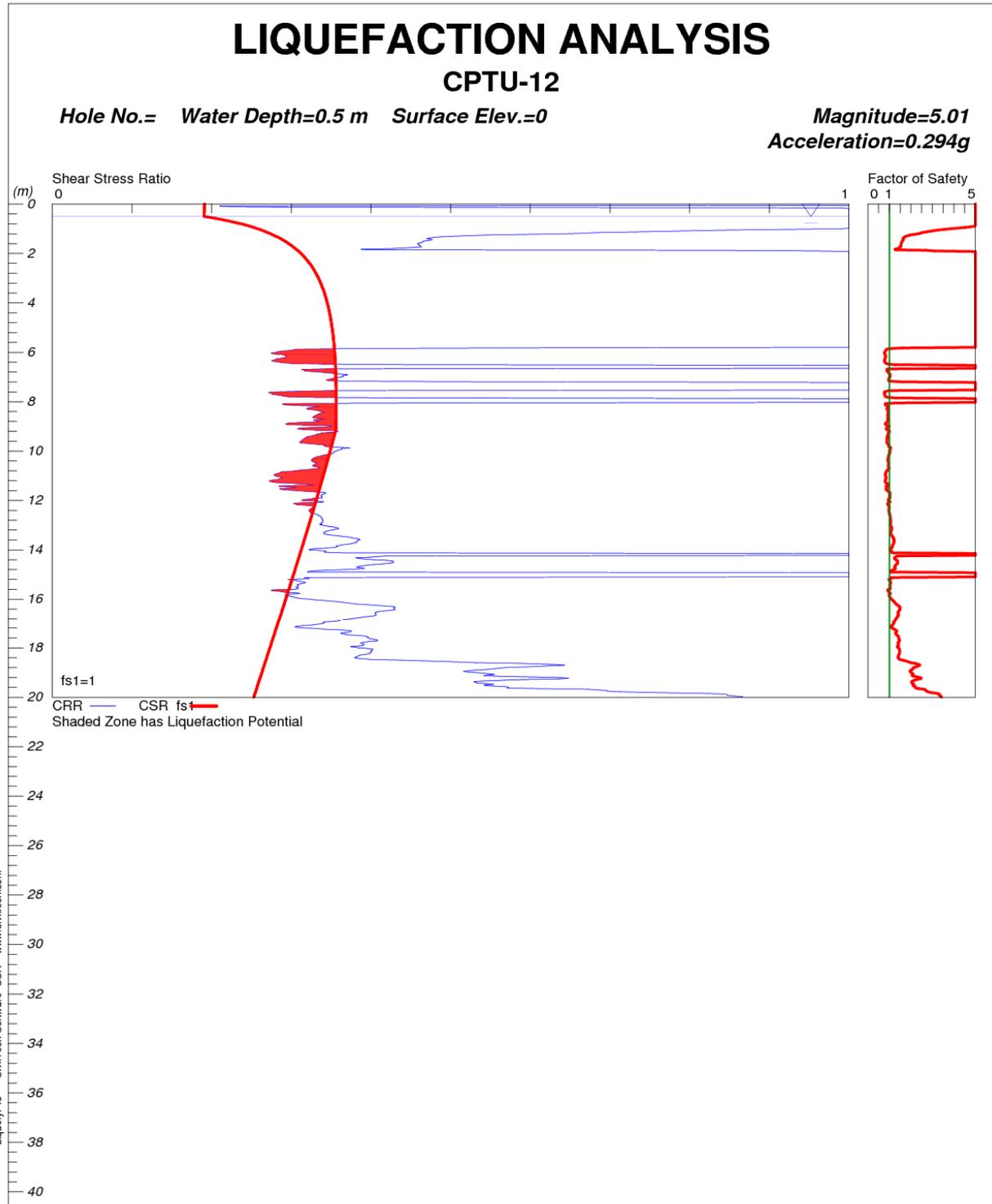
In **TABELLA 12-1** vengono riportati i parametri di pericolosità sismica adottati ed i valori dell'Indice del potenziale di liquefazione calcolato per ogni verticale di indagine.

**TABELLA 12-1: VALUTAZIONE INDICE POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Classe d'uso	Categoria di sottosuolo	Comune	Magnitudo	$a_{max}/g$	Falda m da p.c.	Potenziale di liquefazione (IL)
1	CPTU12	100	IV	C	Reggiolo (RE)	5.01	0.294	0.5	2.76
2	CPTU19	100	IV	C	Reggiolo (RE)	5.01	0.294	0.5	0.03

In generale tutte le verticali presentano un valore di IL è inferiore a 5; pertanto la probabilità di occorrenza del fenomeno di liquefazione è da considerarsi nulla o molto bassa.

Nelle seguenti figure seguenti sono riportati gli andamenti del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità per le varie verticali di indagine.



CivilTech Corporation

Autostrada Regionale Cispadana

Plate A-1

FIGURA 12-1: CPTU12-VERIFICA A LIQUEFAZIONE.



## **13. CLASSI DI ESPOSIZIONE PER OPERE DI FONDAZIONE**

---

Si rimanda al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_03.

## 14. TRATTAMENTO DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI

### 14.1. CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI DI BONIFICA AL DI SOTTO DEI RILEVATI

Per quanto concerne i criteri per la definizione del piano di posa dei rilevati/trincee si rimanda all'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali verifiche geotecniche".

### 14.2. SCHEMA GENERALE DELLE BONIFICHE

Lo schema generale delle bonifiche effettuate al piano di posa dei rilevati è riportato nella figura seguente.

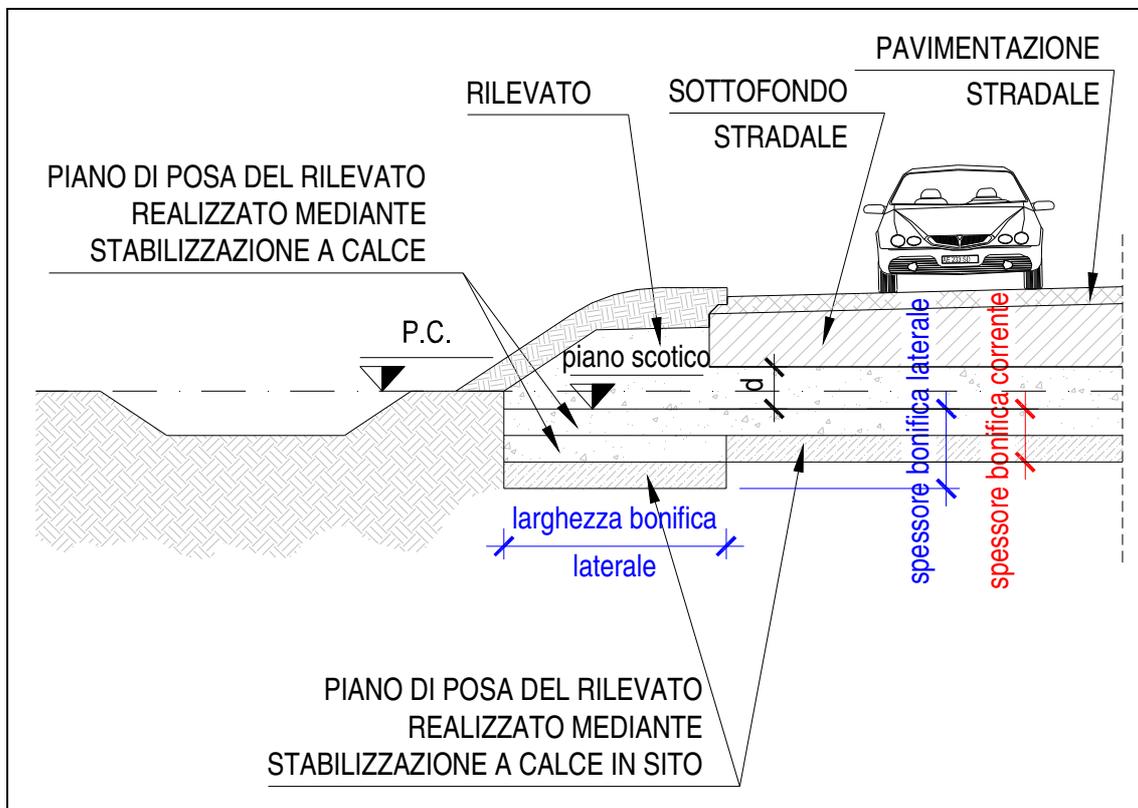


FIGURA 14-1: SCHEMA GENERALE BONIFICHE.

### 14.3. LIVELLO PRESTAZIONALE PIANO DI POSA DEI RILEVATI

Nella tabella seguente sono riportati, per il singolo tratto individuato sulla base della distanza prevalente intradosso fondazione/sottofondo stradale – piano di posa rilevato:

- le pk di inizio e fine;
- il livello prestazionale in termini di valore del modulo di deformazione su piastra  $M_d$  richiesto in funzione della distanza "d" considerata.

TABELLA 14-1: LIVELLI PRESTAZIONALI MINIMI DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI/TRINCEE.

WBS	Tratto	pk inizio [km]	pk fine [km]	d [m]	$M_{d\text{-richiesto}}$ [MPa]
IRA01	/	0+000	1+743	0.7	29
IRA02	/	0+000	1+721	1.0	20
IRA03	1	0+000	0+830	1.0	20
	2	0+830	0+862	0.0	50
IRA04	1	0+000	0+650	1.0	20
	2	0+650	0+685	0.0	50
	3	1+221	1+335	0.0	50
	4	1+335	1+726	1.0	20

### 14.4. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Per quanto riguarda le caratteristiche del materiale utilizzato per lo strato di bonifica vengono ipotizzati valori del modulo elastico variabili nell'intervallo  $E_1 = 30.0 \div 75.0$  MPa.

*Pozzetti esplorativi di riferimento:* PZ 5 ÷ 9 (vedi elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01 "Relazione geotecnica generale").

Per la determinazione del modulo elastico  $E_0$  attribuito al terreno di sottofondo nelle elaborazioni numeriche atte a simulare la prova di carico su piastra all'estradosso dello strato di bonifica con il criterio di Burmister, si è fatto principalmente riferimento ai risultati delle prove di carico su piastra in termini di modulo di

deformazione  $M_d$  condotte nelle campagna di indagine di progetto definitivo in corrispondenza della viabilità oggetto del presente documento.

Tale modulo  $E_0 = E_{PLT}$  è ricavato sulla base del modulo di deformazione su piastra dei pozzetti di riferimento secondo quanto riportato nell'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02 "Criteri generali verifiche geotecniche".

Nella tabella seguente è riportato, per il singolo tratto individuato sulla base della distanza prevalente intradosso fondazione/sottofondo stradale – piano di posa rilevato (vedi Tabella 14-1):

- il modulo elastico  $E_0 = E_{PLT}$  assunto nelle elaborazioni.

**TABELLA 14-2: TERRENO NATURALE – MODULO ELASTICO ASSUNTO NELLE ELABORAZIONI.**

WBS	Tratto	$E_{PLT} = E_0$ [MPa]
IRA01	/	4.6
IRA02	/	5.8
IRA03	1	5.8
	2	4.6
IRA04	1	5.8
	2	4.6
	3	4.6
	4	5.8

## 14.5. EFFETTI DELLA VARIAZIONE DELLO SPESSORE DI BONIFICA E DEL RELATIVO MODULO ELASTICO

Al variare dello spessore di bonifica "s" e del relativo modulo elastico (da 30.0 MPa a 75 MPa) sono state ricavate le curve corrispondenti al valore del modulo su piastra equivalente  $M_d$  misurato all'estradosso della bonifica, ovvero al piano di posa del rilevato, definite secondo il criterio di Burmister.

Tale range di modulo elastico della bonifica si ritiene compatibile con terreno stabilizzato a calce.

I risultati delle analisi vengono riassunti nella tabella seguente in termini di:

- spessore corrente dello strato di bonifica;

da assumere al fine di raggiungere il livello prestazionale richiesto per il piano di posa del rilevato; per ogni tratto è inoltre indicato il riferimento alla figura che mostra l'analisi condotta con il criterio di Burmister.

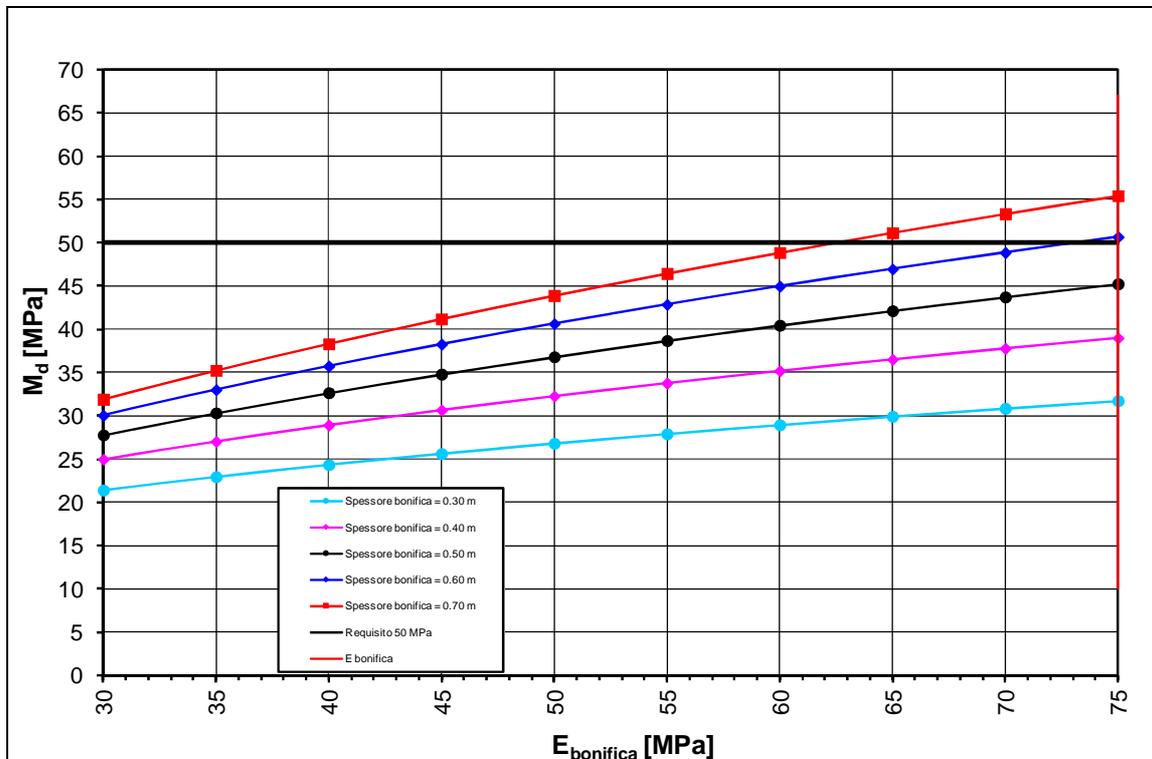
Viene inoltre indicato:

- lo spessore di bonifica ai lati del piano di posa del rilevato che risulta, in genere, approfondito rispetto alla bonifica corrente e la relativa larghezza (vedi schema riportato in Figura 14-1).

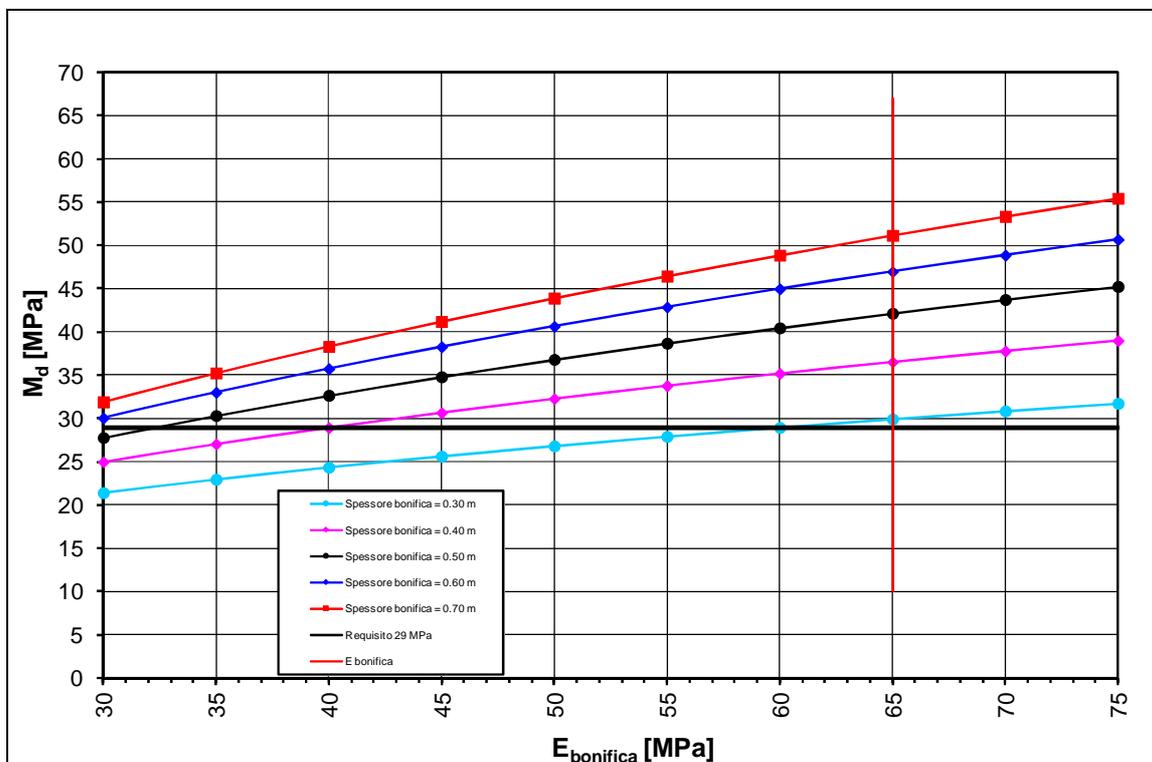
Il modulo elastico della bonifica indicato nelle analisi è quello necessario a garantire il livello prestazionale richiesto; i valori indicati si ritengono compatibili con terreno stabilizzato a calce.

**TABELLA 14-3: SPESSORI DI BONIFICA LUNGO IL TRACCIATO.**

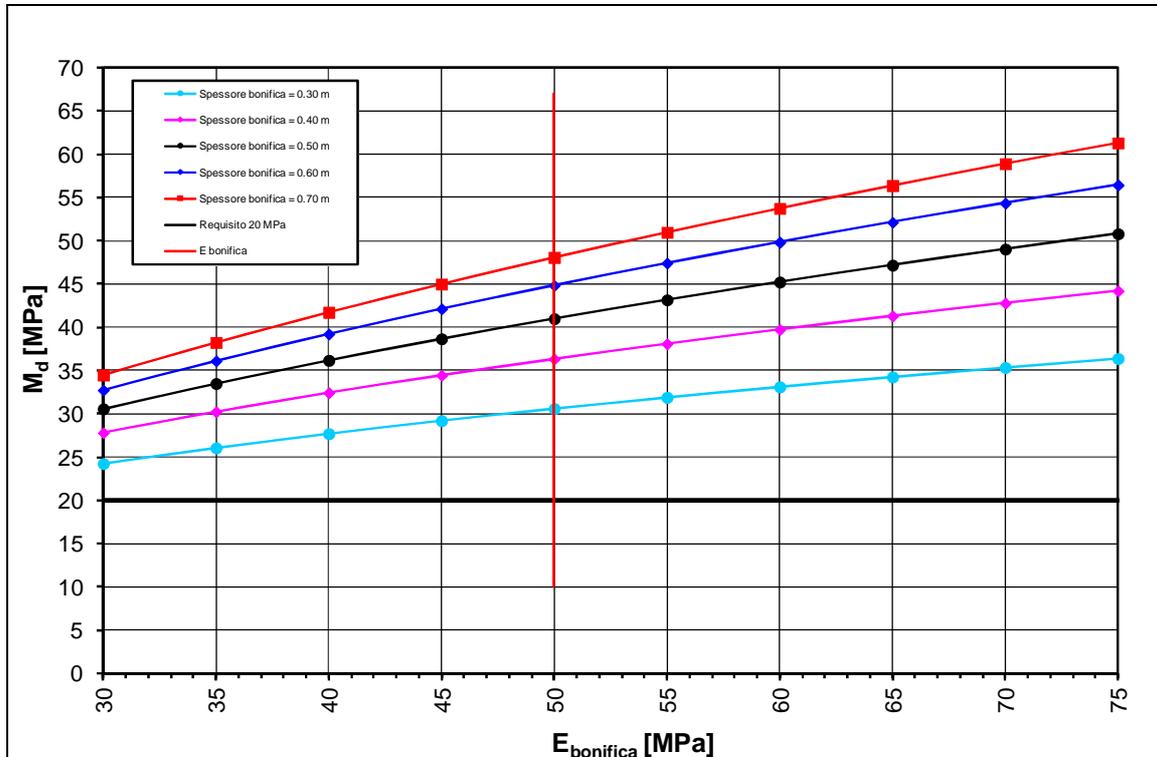
WBS	Tratto	Spessore bonifica corrente [m]	Spessore bonifica laterale [m]	Larghezza bonifica laterale [m]	Analisi di Burmister
IRA01	/	0.3	0.6	2.5	Figura 14-3
IRA02	/	0.3	0.6	2.5	Figura 14-4
IRA03	1	0.3	0.6	2.5	Figura 14-4
	2	0.6	0.6	0.0	Figura 14-2
IRA04	1	0.3	0.6	2.5	Figura 14-4
	2	0.6	0.6	0.0	Figura 14-2
	3	0.6	0.6	0.0	Figura 14-2
	4	0.3	0.6	2.5	Figura 14-4



**FIGURA 14-2:  $M_{D-RICHIESTO} = 50 \text{ MPa}$  – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**



**FIGURA 14-3:  $M_{D-RICHIESTO} = 29 \text{ MPa}$  – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**



**FIGURA 14-4: M<sub>D</sub>-RICHIESTO = 20MPa – DETERMINAZIONE SPESSORE DI BONIFICA.**

## 14.6. STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE

A seguito dell'analisi dei certificati di laboratorio inerenti lo studio delle miscele terreno naturale + calce (CaO) (vedi elaborati inerenti le indagini di laboratorio riportati nell'elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01 "Relazione geotecnica generale"), è stata verificata la sostanziale idoneità dei terreni presenti al piano di posa dei rilevati ad essere stabilizzati a calce.

Nella tabella seguente sono riportati:

- la percentuale di calce da adottare nelle miscele terreno naturale + calce (CaO) per la formazione del piano di posa dei rilevati/trincee (bonifiche);
- le pk di inizio e fine di riferimento per la singola percentuale di calce.

**TABELLA 14-4: INDICAZIONI IN MERITO ALLA %CAO DA ADOTTARE NELLA STABILIZZAZIONE.**

WBS	Tratto	pk inizio [km]	pk fine [km]	% calce viva (CaO) per stabilizzazione
/	/	/	/	2.5