





PROGETTO DEFINITIVO					
2					
1	16/02/2024	R.GENCHI	A.BECCATI	R.SGARBI	AGG.TO OSSERVAZIONI ARPAE
0	31/07/2023	R.GENCHI	A.BECCATI	R.SGARBI	EMISSIONE
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT) DIREZIONE INGEGNERIA – RELAZIONE GEOTECNICA					
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION) IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA					
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER) H199E501			WBS		CODICE CUP (CUP CODE)
 advanced integrated engineering			CODICE DOCUMENTO (CODE) CX00RN001		N° COMMESSA (JOB N.) 500107
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME)
 HERA S.p.A. Holding Energie Musee Ambiente Viale Carlo Berti Pichat 2/4 - 40127 Bologna tel. 051.287.111 fax 051.287.020 www.gruppohera.it		 HERAtech s.r.l. Viale Carlo Berti Pichat 2/4 - 40127 Bologna tel. 051.287.111 www.hera.tech.it		DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION) RELAZIONE GEOTECNICA	
				SCALA (SCALE) --	N° FOGLIO (SHEET N°) 1

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	2	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	4
4.1. Prove di carico su piastra (PLT)	4
4.2. Prove geofisiche	5
4.2.1. Re.Mi. (Refraction Microtremor)	5
4.2.2. Sismiche a rifrazione	6
5. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	8
6. INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI CARICO SU PIASTRA	10
7. STRATIGRAFIA DI PROGETTO	14
8. Capacità FONDAZIONI SUPERFICIALI	15
8.1. portante.....	15
8.1.1. Presenza di sisma	16
8.2. Cedimenti.....	18
8.3. Modulo di reazione statico	20
9. VALUTAZIONI IMPATTI IMPIANTO FV.....	21
9.1. Valutazioni cedimenti aggiuntivi sul fondo della discarica	21
9.2. Valutazione effetti indotti impianto FV in fase di cantiere ed esercizio	23
ALLEGATI.....	26

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	3	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

1.INTRODUZIONE

La presente relazione geotecnica ha l'obiettivo di definire le condizioni geotecniche superficiali dei terreni della discarica ASA di via Romea Nord, nel comune di Ravenna (RA), sui quali sarà realizzato un impianto fotovoltaico per conto di Heratech S.r.l.


Nel presente documento vengono raccolti ed elaborati i dati ottenuti dalla campagna geognostica condotta nel mese di aprile 2023 da TecnoStudio S.r.l. [2]. Sulla base dei valori ottenuti è stata ricavata la stratigrafia del terreno da ritenersi valida ai fini della progettazione delle opere di fondazione. Sono stati inoltre calcolati parametri geotecnici che caratterizzano il sottosuolo dell'area investigata.

2.DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] Relazione geotecnica – Herambiente, Discarica di rifiuti non pericolosi Ravenna – Progetto definitivo Realizzazione 10° settore Rev. 00 – cod. DS 02 RA VA 04 D1 RG 03.00 - 31/07/2017
- [2] Report indagine geotecnica – Heratech S.r.l. Ravenna (RA) Discarica ASA – TecnoStudio S.r.l. Protocollo n° 21100-19/00 rev. 00 – 12/05/2023
- [3] Specifica tecnica - prove di carico su piastra – Impianto fotovoltaico discarica, Ravenna km 2.6 – Incico s.p.a – 22HER15-TG-TS001 rev. 0, 01/03/2023

3.NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018: “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” – NTC2018 ;
- C.M. 21/01/2019: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17 gennaio 2018 ;
- UNI EN 1997-1 – Eurocode 7 – Geotechnical Design;
- UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	4	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

4.INDAGINI GEOGNOSTICHE

La campagna di indagine del 2023 è consistita in:

- N. 15 prove di carico su piastra;
- N. 2 prospezioni sismiche Re.Mi.;
- N. 2 prospezioni sismiche a rifrazione.

L'ubicazione delle indagini è visibile nella figura seguente.




Figura 4.1 – Ubicazione planimetrica delle indagini

4.1. PROVE DI CARICO SU PIASTRA (PLT)

Nella campagna d'indagine sono state eseguite n. 15 prove di carico su piastra (PLT) al di sotto del terreno vegetale, alla profondità di 5 - 10 cm dal piano campagna. Le prove sono state eseguite con piastra di diametro di 300 mm, condotte in accordo alla normativa ASTM D1196-93, come riportato sulla specifica tecnica [3].

L'ubicazione delle prove è riportata in figura 4.1. Il massimo carico applicato per l'esecuzione di tutte le prove di carico su piastra è stato pari a 350 kPa.

Le caratteristiche delle prove di carico su piastra sono indicate nella Tabella 4.1.I.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	5	41
RELAZIONE GEOTECNICA					


Prova	q _{max} applicato	Ced. max misurato	Ced. recuperato	Ced. residuo	
	(kPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)
PLT - P01	350	17.90	4.49	13.41	74.9
PLT - P02	350	14.73	3.44	11.29	76.6
PLT - P03	350	8.01	3.42	4.59	57.3
PLT - P04	350	18.56	7.12	11.44	61.6
PLT - P05	350	6.28	1.41	4.87	77.5
PLT - P06	350	8.57	2.05	6.52	76.1
PLT - P07	350	13.88	4.97	8.91	64.2
PLT - P08	350	6.00	2.48	3.52	58.6
PLT - P09	350	21.81	7.17	14.64	67.1
PLT - P10	350	14.04	4.84	9.20	65.5
PLT - P11	350	11.70	6.02	5.69	48.6
PLT - P12	350	25.70	4.79	20.91	81.4
PLT - P13	350	5.49	2.71	2.78	50.6
PLT - P14	350	8.97	3.23	5.74	64.0
PLT - P15	350	13.99	5.48	8.51	60.8

Tabella 4.1.I – Prove di carico su piastra – Cedimenti massimi e residui

4.2. PROVE GEOFISICHE

4.2.1. RE.MI. (REFRACTION MICROTREMOR)

Durante la campagna di indagine sono state eseguite n° 2 prospezioni geofisiche Re.Mi., da cui è stato misurato il valore di velocità delle onde di taglio V_s nel sottosuolo ed elaborato il relativo profilo. Le prove non hanno raggiunto profondità sufficiente, tuttavia, in mancanza di dati, essa è prolungata ai fini dell'interpretazione. I risultati delle prove sono mostrati graficamente in figura 4.2.1.1.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	6	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

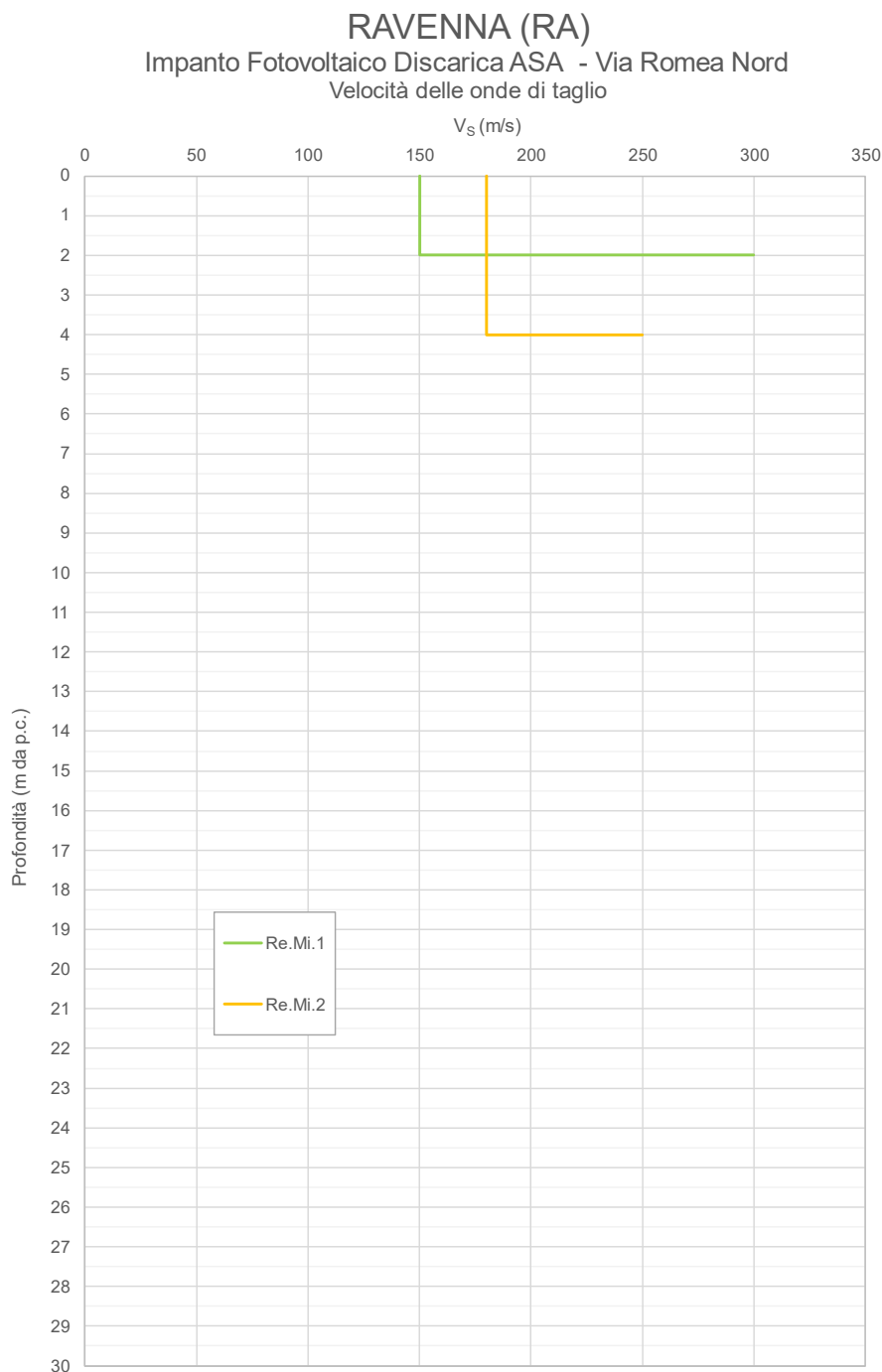



Figura 4.2.1.1 – Profili delle onde di taglio V_s da prove Re.Mi.

4.2.2. SISMICHE A RIFRAZIONE

Durante la medesima campagna di indagine sono state eseguite anche n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione, da cui sono stati elaborati i sismogrammi ed ottenute le sezioni sismiche. È stato misurato il valore di velocità delle onde di taglio V_s nel sottosuolo ed elaborato il relativo profilo. La profondità raggiunta dalle prove è insufficiente, tuttavia, in mancanza di dati, essa è prolungata ai fini dell'interpretazione. I risultati delle prove sono mostrati graficamente in figura 4.2.2.1.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	7	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

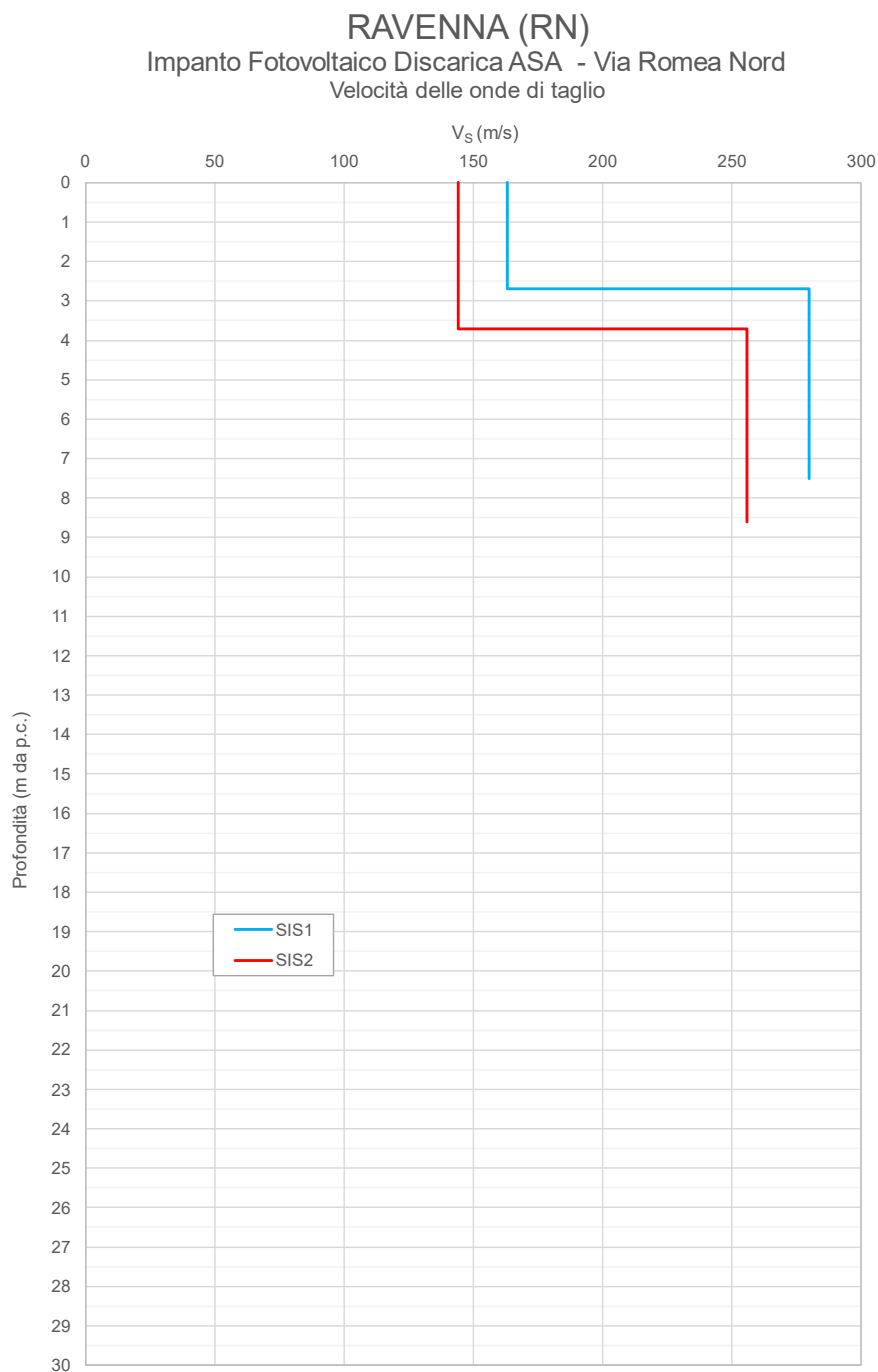



Figura 4.2.2.1 – Profili delle onde di taglio V_s da prove sismiche a rifrazione.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	8	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

5. CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Al fine di determinare la categoria di sottosuolo, in riferimento all'Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" - D.M. 17 gennaio 2018, è stato calcolato il valore di velocità equivalente, $V_{s,eq}$, definita dalla seguente equazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{j=2}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}} = \frac{\sum_{j=1}^N h_j}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}}$$

dove h_j e $V_{s,j}$ indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità (in m/s) delle onde di taglio dello strato j-esimo, per un totale di N strati presenti nei primi 30.00 m di terreno. La velocità $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30.00 m di profondità del terreno investigato, ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente e nel terreno stratificato in esame.

I valori di $V_{s,eq}$, calcolati sulla base dei risultati dell'indagine geofisica Re.Mi. e della sismica a rifrazione condotte, sono riportati, rispettivamente, in Tabella 5.I e Tabella 5.II.

Prova	$V_{s,eq}$ [m/s]
Re.Mi 1	281
Re.Mi 2	238

Tabella 5.I – Valore calcolato di velocità $V_{s,eq}$ da indagine Re.Mi.


Prova	$V_{s,eq}$ [m/s]
SIS 1	223
SIS 2	192

Tabella 5.II – Valore calcolato di velocità $V_{s,eq}$ da indagine sismica a rifrazione.

Dalle prove Re.Mi. si ricava una $V_{s,30}$ media pari a 259.5 m/s.

Dalle prove sismiche a rifrazione si ricava una $V_{s,30}$ media pari a 207 m/s.


Sulla base del valore ottenuto da entrambe le prove, la normativa classifica il terreno di fondazione nella categoria C: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti"* (Figura 5.1).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	9	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 5.1 - Categorie di sottosuolo, secondo D.M. 17 gennaio 2018

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	10	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

6. INTERPRETAZIONE DELLE PROVE DI CARICO SU PIASTRA

L'elaborazione dei parametri geotecnici ricavabili dalle prove di carico su piastra viene eseguita utilizzando le relazioni di seguito esposte.

Il modulo di compressione tangente M_T viene calcolato per ogni incremento di carico attraverso la formula:

$$M_T = \frac{\Delta p}{\Delta s} D$$

dove:

D = diametro della piastra [mm];

Δp = incremento di carico [MPa];

Δs = cedimento corrispondente all' incremento di carico [mm].

Il modulo di compressione secante M_S è invece definito in termini di carico totale attraverso la relazione:

$$M_S = \frac{p}{s} D$$

con:

p = carico totale [MPa];

s = cedimento totale [mm].

Il modulo di Young tangente E_T è valutato per ogni incremento di carico attraverso la formula:

$$E_T = \frac{\Delta p}{\Delta s} \frac{\pi}{4} D (1 - \nu^2)$$

essendo:

ν = coefficiente di Poisson (assunto pari a 0.35).

Infine, si è ottenuto il modulo di Young secante E_S utilizzando la relazione:


$$E_S = \frac{p}{s} \frac{\pi}{4} D (1 - \nu^2)$$

Per il calcolo del modulo di taglio viene considerata la seguente relazione:

$$G = \frac{E}{2 (1 + \nu)}$$

Di seguito, nelle Tabelle da 6.I a 6.XV, si riportano i valori di M_T , M_S , E_T , E_S e G calcolati per ogni prova in funzione del carico applicato. I grafici derivati dall'elaborazione dei valori delle tabelle sono riportati in allegato.

Va precisato che, per ogni relazione usata, si sono considerati i soli valori di carico e cedimento relativi alla parte di curva in cui avviene il carico. Inoltre, il modulo di taglio G è stato calcolato sia usando E_T (G_T), sia usando E_S (G_S).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	11	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

P01	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sec}	E_{1sen}	E_{1sec}	G_{1sen}	G_{1sec}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.69	21.8	50	0.69	21.8	15.0	15.0	5.6	5.6
	100	50	2.72	5.5	100	3.41	8.8	3.8	6.1	1.4	2.2
	150	50	2.93	5.1	150	6.34	7.1	3.5	4.9	1.3	1.8
	200	50	2.91	5.2	200	9.25	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7
	250	50	2.44	6.1	250	11.69	6.4	4.2	4.4	1.6	1.6
	350	100	6.21	4.8	350	17.90	5.9	3.3	4.0	1.2	1.5

Tabella 6.I – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P01)

P02	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sec}	E_{1sen}	E_{1sec}	G_{1sen}	G_{1sec}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.07	205.5	50	0.07	205.5	141.5	141.5	52.4	52.4
	100	50	1.57	9.5	100	1.54	18.3	6.6	12.6	2.4	4.7
	150	50	3.20	4.7	150	4.84	9.3	3.2	6.4	1.2	2.4
	200	50	1.47	10.2	200	6.31	9.5	7.0	6.6	2.6	2.4
	250	50	2.34	6.4	250	8.65	8.7	4.4	6.0	1.6	2.2
	350	100	6.08	4.9	350	14.73	7.1	3.4	4.9	1.3	1.8

Tabella 6.II – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P02)

P03	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sec}	E_{1sen}	E_{1sec}	G_{1sen}	G_{1sec}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.27	56.2	50	0.27	56.2	38.7	38.7	14.3	14.3
	100	50	1.06	14.2	100	1.33	22.6	9.7	15.6	3.6	5.8
	150	50	1.46	10.3	150	2.78	16.2	7.1	11.1	2.6	4.1
	200	50	1.47	10.2	200	4.26	14.1	7.0	9.7	2.6	3.6
	250	50	1.11	13.5	250	5.37	14.0	9.3	9.6	3.4	3.6
	350	100	2.63	11.4	350	8.00	13.1	7.9	9.0	2.9	3.3


Tabella 6.III – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P03)

P04	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sec}	E_{1sen}	E_{1sec}	G_{1sen}	G_{1sec}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.21	72.5	50	0.21	72.5	49.9	49.9	18.5	18.5
	100	50	2.75	5.5	100	2.96	10.1	3.8	7.0	1.4	2.6
	150	50	2.74	5.5	150	5.69	7.5	3.8	5.4	1.4	2.0
	200	50	2.90	5.2	200	8.59	7.0	3.6	4.8	1.3	1.8
	250	50	2.90	5.2	250	11.49	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7
	350	100	7.07	4.2	350	18.56	5.7	2.9	3.9	1.1	1.4

Tabella 6.IV – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P04)

P05	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sec}	E_{1sen}	E_{1sec}	G_{1sen}	G_{1sec}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.14	109.5	50	0.14	109.5	75.4	75.4	27.9	27.9
	100	50	1.21	12.4	100	1.35	22.2	8.5	15.3	3.2	5.7
	150	50	1.05	14.3	150	2.40	18.8	9.8	12.9	3.6	4.8
	200	50	1.18	12.7	200	3.58	16.8	8.8	11.6	3.3	4.3
	250	50	0.73	20.5	250	4.31	17.4	14.1	12.0	5.2	4.4
	350	100	1.97	15.2	350	6.28	16.7	10.5	11.5	3.9	4.3

Tabella 6.V – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P05)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	12	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

P06	p	Δp	Δs	M_{90°}	p_{conv}	s_{conv}	M_{30°}	E_{120°}	E_{30°}	G_{120°}	G_{30°}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.54	27.8	50	0.54	27.6	19.0	19.0	7.0	7.0
	100	50	2.12	7.1	100	2.66	11.3	4.9	7.8	1.8	2.9
	150	50	1.23	12.2	150	3.89	11.6	8.4	8.0	3.1	3.0
	200	50	1.11	13.5	200	5.00	12.0	9.3	8.3	3.4	3.1
	250	50	1.07	14.0	250	6.08	12.3	9.6	8.5	3.6	3.1
	350	100	2.50	12.0	350	8.57	12.2	8.3	8.4	3.1	3.1

Tabella 6.VI – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P06)

P07	p	Δp	Δs	M_{90°}	p_{conv}	s_{conv}	M_{30°}	E_{120°}	E_{30°}	G_{120°}	G_{30°}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.33	45.9	50	0.33	45.9	31.6	31.6	11.7	11.7
	100	50	1.45	10.4	100	1.77	16.9	7.1	11.7	2.6	4.3
	150	50	1.41	10.7	150	3.18	14.2	7.3	9.7	2.7	3.6
	200	50	1.97	7.6	200	5.15	11.7	5.3	8.0	1.9	3.0
	250	50	2.02	7.4	250	7.18	10.5	5.1	7.2	1.9	2.7
	350	100	6.72	4.5	350	13.88	7.6	3.1	5.2	1.1	1.9

Tabella 6.VII – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P07)

P08	p	Δp	Δs	M_{90°}	p_{conv}	s_{conv}	M_{30°}	E_{120°}	E_{30°}	G_{120°}	G_{30°}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.24	61.7	50	0.24	61.7	42.5	42.5	15.7	15.7
	100	50	0.75	20.0	100	0.99	30.2	13.8	20.8	5.1	7.7
	150	50	0.86	17.5	150	1.85	24.3	12.1	18.8	4.5	6.2
	200	50	0.92	16.3	200	2.77	21.7	11.2	14.9	4.2	5.5
	250	50	0.99	15.2	250	3.78	19.9	10.4	13.7	3.9	5.1
	350	100	2.24	13.4	350	6.00	17.5	9.2	12.1	3.4	4.5


Tabella 6.VIII – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P08)

P09	p	Δp	Δs	M_{90°}	p_{conv}	s_{conv}	M_{30°}	E_{120°}	E_{30°}	G_{120°}	G_{30°}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.21	70.4	50	0.21	70.4	48.5	48.5	18.0	18.0
	100	50	2.02	7.4	100	2.23	13.4	5.1	9.3	1.9	3.4
	150	50	2.47	6.1	150	4.71	9.6	4.2	6.6	1.5	2.4
	200	50	2.82	5.3	200	7.53	8.0	3.7	5.5	1.4	2.0
	250	50	3.50	4.3	250	11.03	6.8	3.0	4.7	1.1	1.7
	350	100	10.78	2.8	350	21.81	4.8	1.9	3.3	0.7	1.2

Tabella 6.IX – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P09)

P10	p	Δp	Δs	M_{90°}	p_{conv}	s_{conv}	M_{30°}	E_{120°}	E_{30°}	G_{120°}	G_{30°}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.09	166.7	50	0.09	166.7	114.8	114.8	42.5	42.5
	100	50	1.10	13.6	100	1.19	25.2	9.4	17.4	3.5	6.4
	150	50	1.72	8.7	150	2.91	15.4	6.0	10.6	2.2	3.9
	200	50	2.19	6.9	200	5.10	11.8	4.7	8.1	1.7	3.0
	250	50	2.33	6.4	250	7.43	10.1	4.4	7.0	1.6	2.6
	350	100	6.61	4.5	350	14.04	7.5	3.1	5.2	1.2	1.9

Tabella 6.X – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P10)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	13	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

P11	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sen}	E_{1sen}	E_{2sen}	G_{1sen}	G_{2sen}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.14	107.1	50	0.14	107.1	73.8	73.8	27.3	27.3
	100	50	1.34	11.2	100	1.48	20.3	7.7	14.0	2.9	5.2
	150	50	1.85	8.1	150	3.33	13.5	5.6	9.3	2.1	3.4
	200	50	1.80	8.3	200	5.13	11.7	5.7	8.1	2.1	3.0
	250	50	1.95	7.7	250	7.07	10.6	5.3	7.3	2.0	2.7
	350	100	4.63	6.5	350	11.70	9.0	4.5	6.2	1.7	2.3

Tabella 6.XI – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P11)

P12	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sen}	E_{1sen}	E_{2sen}	G_{1sen}	G_{2sen}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.66	22.6	50	0.66	22.6	15.6	15.6	5.8	5.8
	100	50	2.30	6.5	100	2.96	10.1	4.5	7.0	1.7	2.6
	150	50	3.38	4.4	150	6.34	7.1	3.1	4.9	1.1	1.8
	200	50	4.38	3.4	200	10.72	5.6	2.4	3.9	0.9	1.4
	250	50	4.68	3.2	250	15.40	4.9	2.2	3.4	0.8	1.2
	350	100	10.30	2.9	350	25.70	4.1	2.0	2.8	0.7	1.0

Tabella 6.XII – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P12)

P13	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sen}	E_{1sen}	E_{2sen}	G_{1sen}	G_{2sen}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.05	283.0	50	0.05	283.0	195.0	195.0	72.2	72.2
	100	50	0.71	21.0	100	0.77	39.1	14.5	26.9	5.4	10.0
	150	50	1.00	15.1	150	1.76	25.5	10.4	17.6	3.8	6.5
	200	50	0.88	17.0	200	2.64	22.7	11.7	15.8	4.3	5.8
	250	50	0.94	15.9	250	3.58	20.9	10.9	14.4	4.1	5.3
	350	100	1.91	15.7	350	5.49	19.1	10.8	13.2	4.0	4.9


Tabella 6.XIII – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P13)

P14	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sen}	E_{1sen}	E_{2sen}	G_{1sen}	G_{2sen}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.27	55.6	50	0.27	55.6	38.3	38.3	14.2	14.2
	100	50	1.05	14.3	100	1.32	22.7	9.8	15.7	3.6	5.8
	150	50	1.23	12.2	150	2.55	17.6	8.4	12.2	3.1	4.5
	200	50	1.29	11.6	200	3.84	15.6	8.0	10.8	3.0	4.0
	250	50	1.15	13.1	250	4.99	15.0	9.0	10.4	3.3	3.8
	350	100	3.98	7.5	350	8.97	11.7	5.2	8.1	1.9	3.0

Tabella 6.XIV – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P14)

P15	p	Δp	Δs	M_{sen}	p_{conv}	s_{conv}	M_{sen}	E_{1sen}	E_{2sen}	G_{1sen}	G_{2sen}
	[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
	50	50	0.85	17.8	50	0.85	17.6	12.1	12.1	4.5	4.5
	100	50	1.27	11.8	100	2.12	14.1	8.1	9.7	3.0	3.6
	150	50	1.22	12.3	150	3.34	13.5	8.5	9.3	3.1	3.4
	200	50	2.43	6.2	200	5.77	10.4	4.2	7.2	1.6	2.7
	250	50	2.90	5.2	250	8.88	8.6	3.6	6.0	1.3	2.2
	350	100	5.31	5.6	350	13.99	7.5	3.9	5.2	1.4	1.9

Tabella 6.XV – Valori di moduli di compressione, di Young e di taglio (PLT – P15)

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	14	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

7. STRATIGRAFIA DI PROGETTO

A favore di sicurezza sono stati considerati solo i parametri relativi alla copertura argillosa della discarica, cui fanno riferimento le prove meccaniche disponibili (PLT).

Il valore del modulo di Young utilizzato deriva dalla media dei valori di E_{sec} ottenuti dall'interpretazione delle PLT, valutati nel tratto stabile dei grafici *carico vs modulo di Young* di ogni prova, come consultabile negli allegati e visibile numericamente nella seguente tabella 7.I.

Prova	E_{sec} (MPa)		Prova	E_{sec} (MPa)
PLT - P01	4.0		PLT - P09	5.0
PLT - P02	6.0		PLT - P10	7.5
PLT - P03	9.5		PLT - P11	7.5
PLT - P04	4.5		PLT - P12	3.5
PLT - P05	11.5		PLT - P13	15.0
PLT - P06	8.0		PLT - P14	10.0
PLT - P07	7.0		PLT - P15	6.0
PLT - P08	13.5			

Tabella 7.I – Valori di E_{sec} scelti da PLT

Il valore medio utilizzato del modulo di Young è:

$$E = 7 \text{ MPa}$$

Il valore del modulo edometrico ed il conseguente coefficiente di compressibilità sono stati ricavati a partire dal modulo di Young, come secondo le relazioni presentate di seguito.

Il modulo edometrico è stato calcolato tramite la teoria elastica:

$$M(\text{MPa}) = \frac{E \cdot (1 - \nu)}{(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)}$$

dove:

E = modulo di Young (MPa);

ν = coefficiente di Poisson.

Il coefficiente di compressibilità edometrica risulta pari al reciproco del modulo edometrico:


$$m_v (\text{m}^2/\text{kN}) = 1/M.$$

Nella tabella 7.II è riportata la stratigrafia di progetto per l'area dell'impianto, utilizzata per il calcolo delle fondazioni.

Strato	Spessore	γ	ϕ	c'	c_u	E	M	m_v
	(m)	(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(m ² /kN)
COPERTURA IN ARGILLA	4	19	24	6	30	7	12.5	0.00008

Tabella 7.II – Parametri di progetto

Il livello di falda di progetto è stato considerato a 1.5 m da piano campagna [1].

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	15	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

Nel seguente capitolo sono calcolati capacità portante e cedimenti relativi alle fondazioni superficiali previste per la cabina di trasformazione BT/MT e per le fondazioni porta pannelli.

8. CAPACITÀ FONDAZIONI SUPERFICIALI

8.1. PORTANTE

Il calcolo della capacità portante è stato condotto secondo NTC 2018, Approccio 2 combinazione A1+M1+R3 con i seguenti coefficienti parziali.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Tabella 8.1.I – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 8.1.II – Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

La capacità portante è stata calcolata a breve e a lungo termine secondo la relazione di Brinch-Hansen:

$$\text{breve termine } R_{d,BT} = 5 \cdot 14 \cdot c_u \cdot (1 + s'_c)$$

$$\text{lungo termine } R_{d,LT} = q \cdot N_q \cdot s_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c$$

con s_q , s_{γ} , s'_c fattori di forma:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi; \quad s_{\gamma} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}; \quad s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$


$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

I coefficienti di capacità portante N_q e N_{γ} sono stati calcolati come:

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi \tan \varphi};$$

$$N_{\gamma} = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi;$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi.$$

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	16	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

La capacità portante di progetto (carico limite) è data da:

$$R_d = R_c / \gamma_R$$

con $\gamma_R = 2.3$.

Presenza della falda

Il carico limite è influenzato dalla presenza della falda sotto il piano di posa della fondazione nel caso in cui la distanza z_w risulti inferiore alla larghezza della fondazione B (figura 8.1.1).

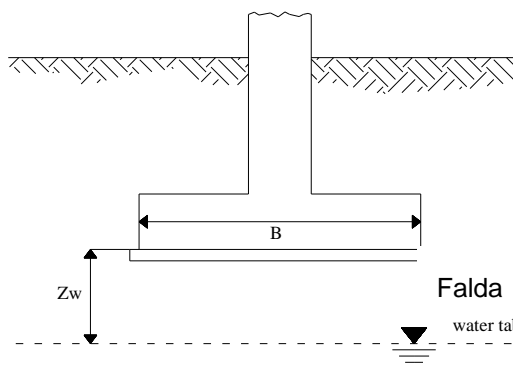


Figura 8.1.1 - Influenza della falda

In tale caso infatti la falda, ricadendo all'interno dell'area d'influenza della fondazione, comporta una riduzione del peso di volume del terreno sottostante la fondazione che viene calcolato come segue:

$$\gamma = (\gamma_n - \gamma_w) + (z_w/B) \cdot \gamma_w \quad \text{se } 0 \leq z_w \leq B.$$

Tenendo in considerazione i vari aspetti sopra descritti, i valori della resistenza di progetto calcolata, a breve e lungo termine, sono riportati nella tabella seguente.

SLU	z	B	L	R_d (LT)	R_d (BT)
	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]
CONTAINER TRAFOT BT/MT	0.00	3.50	7.00	45	74
FONDAZIONE PORTA PANNELLI	0.00	0.50	1.50	69	72

Tabella 8.1.III – Capacità portante in condizioni SLU


8.1.1. PRESENZA DI SISMA

Il calcolo della capacità portante in condizioni sismiche è stato condotto secondo NTC 2018, Approccio 2 combinazione A1+M1+R3, come precedentemente descritto nel capitolo 8.1, implementando nell'equazione di calcolo a breve termine un coefficiente correttivo, funzione del coefficiente sismico orizzontale k_h (Lancellotta, Ciancimino, Costanzo, Foti, 2020):

$$z'_c = 1 - 0.32 \cdot k_h$$

dove:

k_h coefficiente sismico orizzontale, pari a 0.044, dipendente dalla sismicità del sito e calcolato secondo la seguente relazione:

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	17	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

$$k_h = \beta \cdot (a_{\max}/g)$$

dove:

β coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, dipendente dalla categoria di sottosuolo (cat. C, ottenuta dall'interpretazione delle prove geofisiche al capitolo 5, tab. 7.11.I delle NTC 2018); nel caso pari a 0.24;

a_{\max} accelerazione massima attesa al sito, ottenuta secondo le NTC 2018 dalla seguente relazione:

$$a_{\max} = a_g \cdot S_s \cdot S_t$$

con:


a_g accelerazione massima in corrispondenza del substrato rigido, nel caso pari a 0.15g (SLV);

S_s, S_t coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, calcolati come da tab. 3.2.IV e 3.2.V delle NTC 2018; nel caso pari, rispettivamente a 1.47 e 1;

Il valore della resistenza di progetto in condizioni sismiche calcolata è riportato nella tabella seguente.

SLV	z	B	L	R_d (BT)
	[m]	[m]	[m]	[kPa]
CONTAINER TRAFICO BT/MT	0.00	3.50	7.00	73
FONDAZIONI PORTA PANNELLI	0.00	0.50	1.50	70

Tabella 8.1.1.I – Capacità portante in condizioni sismiche SLV

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	18	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

8.2. CEDIMENTI

I cedimenti sono stati calcolati utilizzando il software Settle 3D (RocScience). Il programma permette di valutare i cedimenti modellando la fondazione come un'area di carico soggetta a pressioni uniformi o variabili spazialmente. Gli input sono rappresentati dai parametri geotecnici del terreno, la geometria dell'area di carico e il carico applicato.

I cedimenti della fondazione sono basati sulle tensioni calcolate secondo la teoria di Westergaard, prendendo in considerazione un carico esterno applicato al livello del piano di posa della fondazione.

Per un terreno con coefficiente di Poisson ν , la tensione verticale σ_z dovuta a un carico Q secondo Westergaard è data da:

$$\sigma_z = \frac{Q}{z^2} \frac{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}}{\left[\left(\frac{1-2\nu}{2-2\nu} \right) + \left(\frac{r}{z} \right)^2 \right]^{3/2}}$$

La tensione verticale sotto una generica area di carico può essere ottenuta analiticamente integrando la precedente equazione.

I cedimenti calcolati non tengono in considerazione la rigidità della fondazione, pertanto costituiscono un limite superiore.

Il cedimento immediato è dato da:

$$S_{imm} = \sum_i \varepsilon_{imm} \cdot \Delta h_i$$

dove Δh_i è lo spessore dello strato i -esimo.

La deformazione ε_{imm} è calcolato con la seguente relazione:

$$\varepsilon_{imm} = \frac{(1+\nu)\Delta\sigma_z - 3\nu \cdot \Delta\sigma_M}{E}$$

dove:

- ν coefficiente di Poisson;
- $\Delta\sigma_z$ incremento della tensione verticale;
- $\Delta\sigma_M$ incremento della tensione media;
- E modulo di Young.

Il cedimento di consolidazione è calcolato come:


$$S_{cons} = \sum_i \varepsilon_{cons} \cdot \Delta h_i$$

dove:

$$\varepsilon_{cons} = m_v \cdot \Delta\sigma'$$

essendo:

- m_v coefficiente di compressibilità = $1/M$;
- $\Delta\sigma'$ incremento delle tensioni efficaci nello strato i -esimo;
- Δh_i spessore strato i -esimo;

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	19	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

La seguente tabella 8.2.I mostra i cedimenti calcolati, mentre le seguenti Figure 8.2.1 e 8.2.2 mostrano l'output del programma di calcolo, rispettivamente per la cabina di trasformazione BT/MT e la fondazione porta pannelli.

FONDAZIONI	z	B	L	p _{med} SLE	Cedimento		
	(m)	(m)	(m)	(kPa)	S _{immediato} (mm)	S _{cons} (mm)	S _{tot} (mm)
CONTAINER TRAFIO BT/MT	0.00	3.50	7.00	8.5	1.6	1.6	3.2
FONDAZIONE PORTA PANNELLI	0.00	0.50	1.50	10.0	0.5	0.5	1.0

Tabella 8.2.I – Cedimenti calcolati

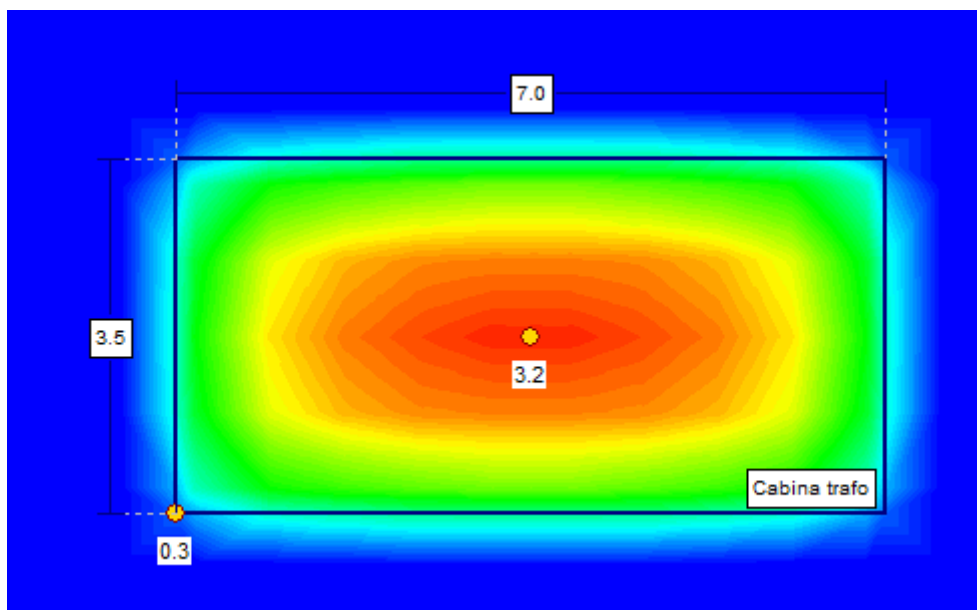



Figura 8.2.1 – Fondazione CABINA TRASFORMATORE BT/MT – cedimenti

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	20	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

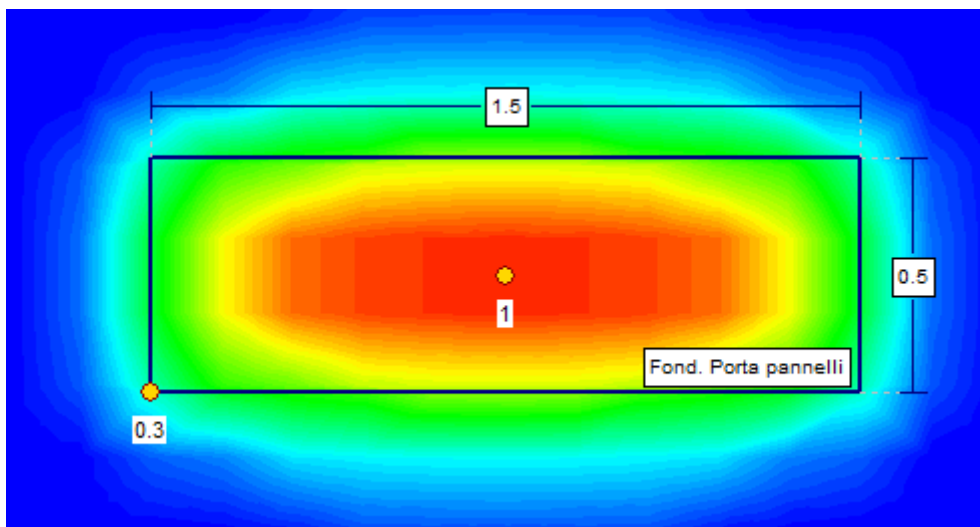


Figura 8.2.2 – Fondazione porta pannelli - cedimenti

8.3. MODULO DI REAZIONE STATICO

Il modulo di reazione verticale $k_{s,v}$ è calcolato come:

$$k_{s,v} = p / s$$

dove:

p = pressione applicata (kPa);

s = cedimento calcolato (m).


Il modulo di reazione orizzontale $k_{s,h}$ può essere assunto pari alla metà del valore verticale.

$$k_{s,h} = k_{s,v}/2$$

Nella seguente tabella 8.3.I sono riportati i valori calcolati dei moduli di reazione verticale ed orizzontale, per le fondazioni analizzate.

FONDAZIONI	z	B	L	p_{med} SLE	s_{tot}	$k_{s,v}$	$k_{s,h}$
	(m)	(m)	(m)	(kPa)	(mm)	(kN/m ³)	(kN/m ³)
CONTAINER TRAFOT BT/MT	0.00	3.50	7.00	8.50	3.2	2656	1328
FONDAZIONE PORTA PANNELLI	0.00	0.50	1.50	10.00	1.0	1000 0	5000

Tabella 8.3.I – Moduli di reazione statici verticali e orizzontali

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	21	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

9. VALUTAZIONI IMPATTI IMPIANTO FV

Valutazioni aggiuntive sono state svolte ottemperando così a quanto richiesto da ARPAE con nota Prot. 0078038.U del 26/01/2024 per il completamento della documentazione facente parte dell'istanza di screening attivata da Hera spa con nota acquisita al PG.2023.1265973 del 21 dicembre 2023.

Il suddetto Ente ha richiesto:

“6. in particolare, si richiede la presentazione di uno studio supportato dall'utilizzo di modello geotecnico finalizzato anche al calcolo dei cedimenti aggiuntivi del fondo delle due discariche, questo anche alla luce delle criticità emerse sulla falda e che sono attualmente oggetto di analisi all'interno del procedimento ai sensi dell'art. 244 del Dlgs 152/06 e smi”

“8. andrà dimostrato e valutato l'impatto minimo della realizzazione del parco fotovoltaico con 14.100 moduli fotovoltaici sia durante la fase di cantiere (es. tempistiche di cantiere relative alla posa delle strutture di fondazione, rispetto delle prescrizioni presenti nelle AIA delle discariche per l'allontanamento delle acque meteoriche, etc.), sia durante la fase di esercizio (alterazioni del sistema di captazione delle acque d'infiltrazione verso la rete di smaltimento, alterazioni della pressione esercitata sul geodreno in seguito al carico di posa, etc), tenendo conto anche delle fase di dismissione e ripristino del sito, dandone evidenza in apposita relazione”

9.1. VALUTAZIONI CEDIMENTI AGGIUNTIVI SUL FONDO DELLA DISCARICA


In risposta alla richiesta ARPAE di cui punto 6 sopra riportato, il modello geotecnico utilizzato per le analisi di capacità portante e cedimenti è il seguente (da H199E501CX00RN001 – Relazione geotecnica, INCICO 30/06/23):

Strato	Spessore	γ	ϕ	c'	c_u	E	M	m_v
	(m)	(kN/m3)	(°)	(kPa)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	(m2/kN)
COPERTURA IN ARGILLA	4	19	24	6	30	7	12.5	0.00008

Nel modello viene considerato un unico strato avente le caratteristiche della copertura in argilla, le cui caratteristiche risultano a favore di sicurezza rispetto all'ipotesi di considerare una stratigrafia composta da copertura in argilla e strato inferiore di rifiuti.

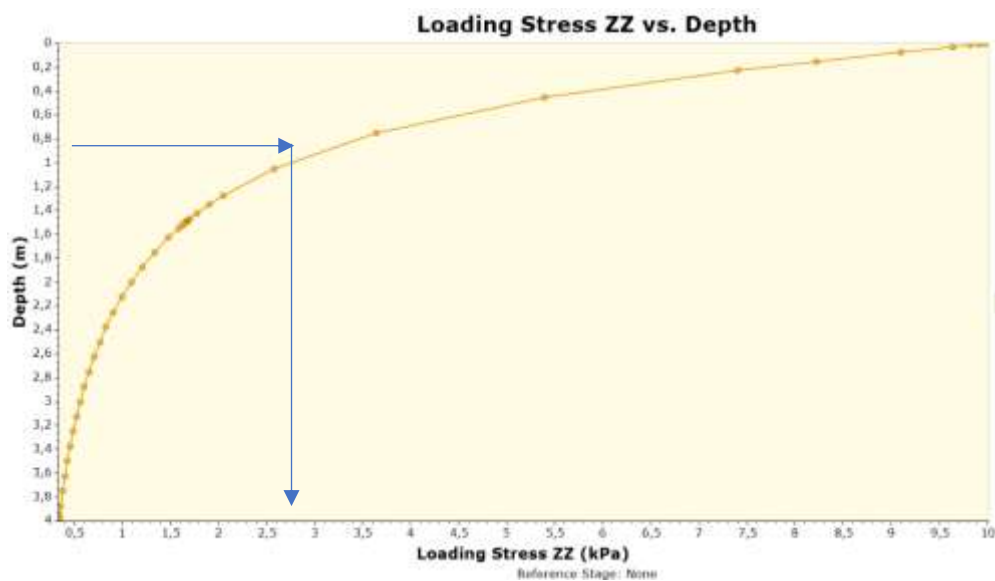
Confrontando i valori scelti, con la caratterizzazione dei rifiuti svolta secondo studi di letteratura, presente nell'elaborato [1] DS 02 RA VA 04 D1 RG 03.00 – Relazione geotecnica (Progetto definitivo Realizzazione 10° settore), indipendente dalla conformazione e settorialità della discarica, ma legata ai rifiuti stessi, si evince come considerare un semispazio con i valori della tabella precedente sia a favore di sicurezza, dal momento che sia i parametri di resistenza che di rigidità risultano inferiori a quelli dei rifiuti.

L'entità dei carichi trasmessi dall'impianto fotovoltaico è esigua. I cedimenti significativi indotti si esauriscono entro una profondità inferiore a quella complessiva dello strato di copertura e dei rifiuti (a circa 1,2 m da piano campagna); il bulbo delle pressioni diviene trascurabile entro quella profondità stessa, tale da non implicare trasmissione di tensioni e conseguenti cedimenti aggiuntivi sul fondo.

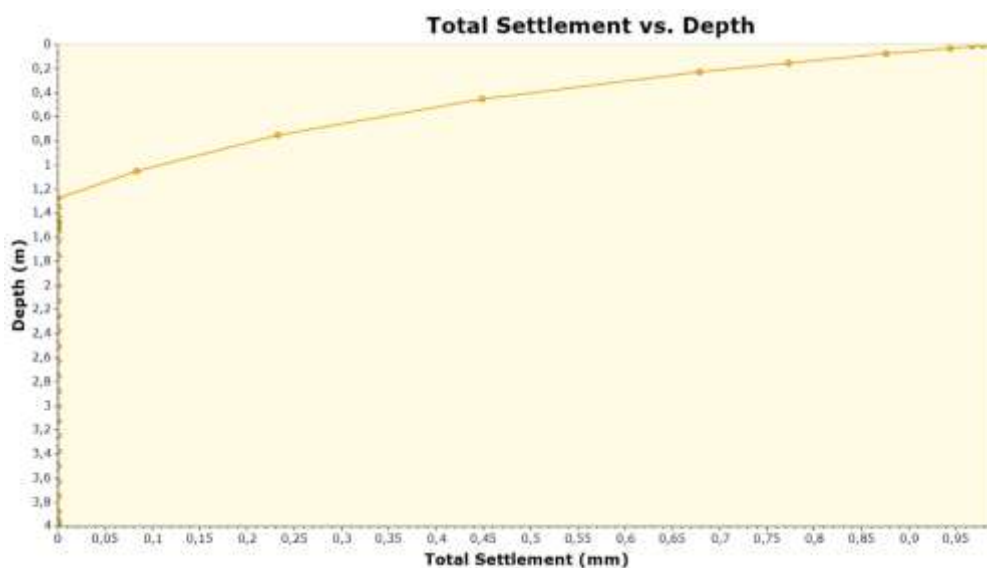
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	22	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

Viene di seguito riportato il profilo verticale con l'andamento delle tensioni e dei cedimenti significativi, per le fondazioni dei pannelli fotovoltaici.


- Tensioni indotte dal carico aggiuntivo



- Cedimenti



Considerando inoltre uno spessore di rifiuti di 20 metri e lo strato di copertura vegetale, le pressioni già agenti sul fondo della discarica sono:

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	23	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

$P_{\text{rifiuti}} = 20 \text{ m} \times 11 \text{ kN/m}^3 = 220 \text{ kPa}$

$P_{\text{copertura}} = 1 \text{ m} \times 19 \text{ kN/m}^3 = 19 \text{ kPa}$

TOT = 239 kPa

La pressione trasmessa da una fondazione è pari a 10 kPa.

L'incremento totale di pressione sulla sommità della discarica per effetto della fondazione è pari al 4% della tensione totale sul fondo della discarica e diminuisce con la profondità, pertanto l'eventuale cedimento indotto sarebbe trascurabile (normalmente si assumono cedimenti trascurabili ove le tensioni indotte dal sovraccarico siano inferiori al 20% della tensione litostatica, EC7).

9.2. VALUTAZIONE EFFETTI INDOTTI IMPIANTO FV IN FASE DI CANTIERE ED ESERCIZIO


In risposta alla richiesta ARPAE di cui punto 8 sopra riportato sono state effettuate le seguenti valutazioni:

Fase di cantiere (costruzione e rimozione FV):

Gli effetti indotti dai mezzi utilizzati saranno analoghi per entità e natura a quelli già gravanti in fase di realizzazione del capping (carichi temporanei dei macchinari). I carichi saranno, inoltre, simili a quelli trasmessi in fase di manutenzione e tali da non indurre deformazioni permanenti nel sistema di captazione delle acque di infiltrazione.

Fase di esercizio impianto FV:

Alla profondità di 1 m, si registra un incremento di pressione dovuta al carico dei pannelli sul dreno di 2.8 kPa, che risulta pari al 13% del carico finale totale, considerando il carico dovuto al capping già agente sul geodreno, pari a 19 kPa. Con una sollecitazione finale di 21.8 kPa il geodreno è in grado di operare al massimo della capacità, se si considera che le sollecitazioni ammissibili (secondo scheda tecnica) si collocano in un range 20-200 kPa (si veda sotto).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	24	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

TENAX HD

Tipo: 500/160/2
Geocompositi High Drainage



I geocompositi High Drainage TENAX HD sono realizzati mediante accoppiamento industriale di due geotessili nontessuti con funzione filtrante con una struttura reticolare tridimensionale (*box-net*), realizzata per estrusione e stiratura di polipropilene, in modo da costituire una struttura rigida "a telaio" con maglie quadrangolari ad elevato profilo.

La struttura "*box-net*" è una struttura leggera ma indeformabile perché costituita da 3 ordini di fili sovrapposti e tra loro intersecati, ed è in grado di garantire, anche con sollecitazioni di compressione comprese tra 20 e 200 kPa, elevate portate idrauliche.

Applicazioni tipiche


Copertura definitiva di discariche e bonifica siti contaminati (capping).

CARATTERISTICHE FISICHE	METODO DI PROVA	UNITA'	HD 500/160/2	NOTE
POLIMERO GEORETE			PP	
POLIMERO GEOTESSILE			PP	
STABILIZZANTE U.V.			carbon black	

CARATTERISTICHE DIMENSIONALI	METODO DI PROVA	UNITA'	HD 500/160/2	NOTE
PESO ANIMA DRENANTE	ISO 9864	g/m ²	> 500	a
SPESSORE a 20 kPa	ISO 9863	mm	6,5	a
SPESSORE a 200 kPa	ISO 9863	mm	6,0	a
LARGHEZZA ROTOLO		m	4,30	a
LUNGHEZZA ROTOLO		m	50,0	a
DIAMETRO ROTOLO		m	0,70	a
VOLUME ROTOLO		m ³	2,11	a
PESO LORDO ROTOLO		Kg	182	a

CARATTERISTICHE DEL GEOTESSILE	METODO DI PROVA	UNITA'	HD 500/160/2	NOTE
POROMETRIA	ISO 12956	µm	70	e
PESO UNITARIO	ISO 9894	g/m ²	160 + 160	d

CARATTERISTICHE IDRAULICHE	METODO DI PROVA	UNITA'	HD 500/160/2	NOTE
PORTATA IDRAULICA				
i=1.0 σv = 20 kPa	ISO 12958	m ² /s	3.00E-03	b,c,d
i=1.0 σv = 50 kPa	ISO 12958	m ² /s	2.95E-03	b,c,d
i=1.0 σv = 100 kPa	ISO 12958	m ² /s	2.90E-03	b,c,d
i=1.0 σv = 200 kPa	ISO 12958	m ² /s	2.85E-03	b,c,d
RESISTENZA A TRAZIONE	ISO 10319	kN/m	25.0	b,f
ALLUNGAMENTO	ISO 10319	%	50	a,b
RESISTENZA al PUNZONAMENTO STATICO - CBR	ISO 12236	N	3000	d


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	25	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

Infine, considerando l'area totale coperta dalle fondazioni dei pannelli fotovoltaici, risulta:

Area singolo basamento: 0,75 mq

- N. totale pannelli: 14100
- Area totale basamenti: 10575 mq
- Area totale terreno parco FV: 149000 mq
- Riduzione percentuale area coperta: 7%

Il solo 7% del geodreno, su tutta la distribuzione areale, risulta, **in maniera del tutto trascurabile**, soggetto alle pressioni precedentemente mostrate. Come diretta conseguenza, non si ravvedono impatti sulla regimentazione delle acque.

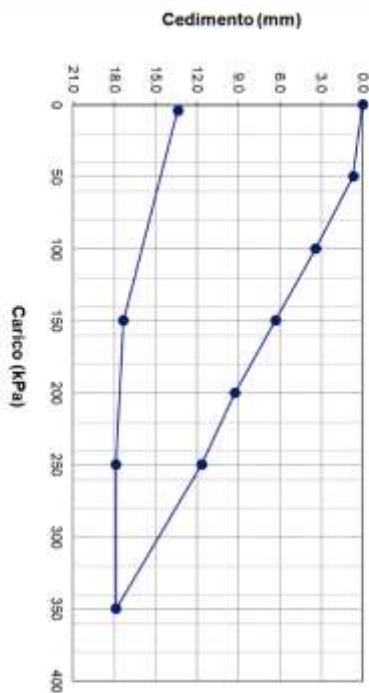
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	500107	CX00RN001	1	26	41
RELAZIONE GEOTECNICA					

ALLEGATI

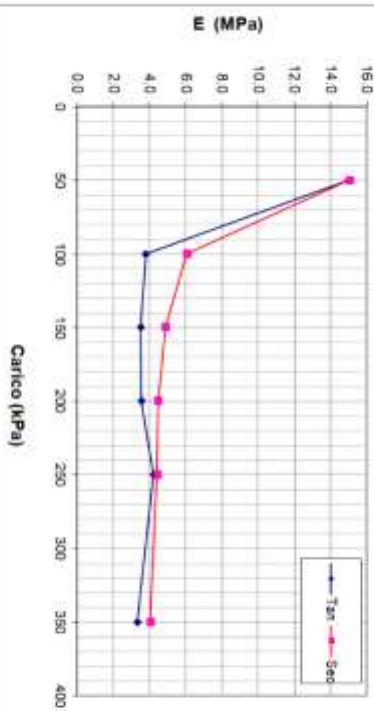
SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA		Prof (m da p.c.)	0.1
DATA	14/04/2023		D (mm)	300

P01

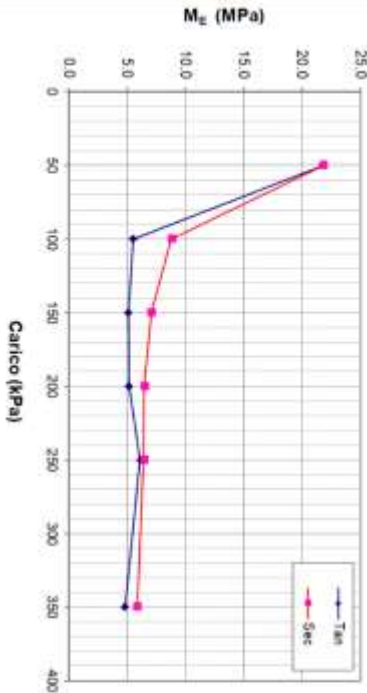
Carico vs Cedimento



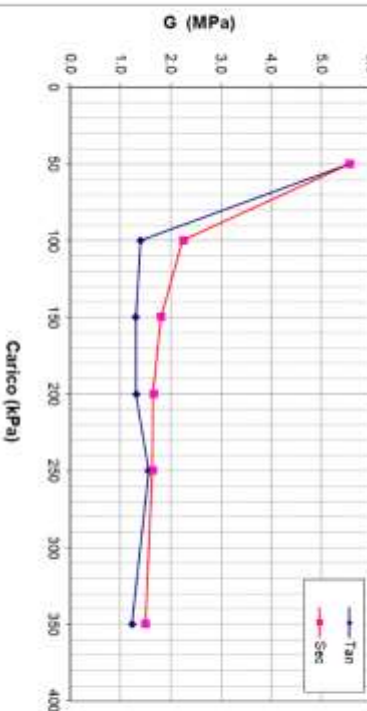
Carico vs Modulo di Young



Carico vs Modulo di compressione



Carico vs Modulo di taglio



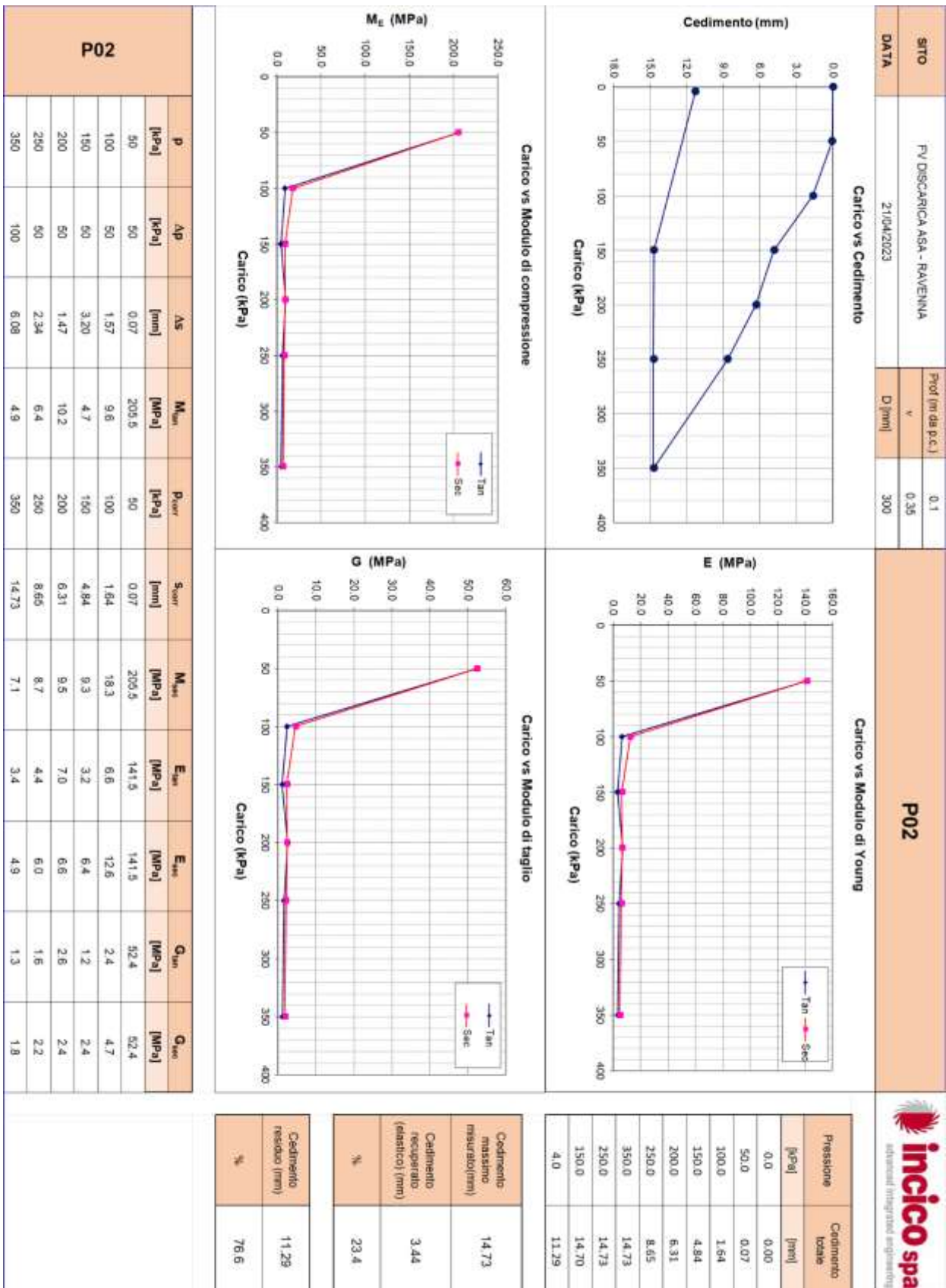
P	ΔP	ΔS	M _{lim}	P _{lim}	S _{lim}	M _{sec}	E _{lim}	E _{sec}	G _{lim}	G _{sec}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.69	21.8	50	0.69	21.8	15.0	15.0	5.6	5.6
100	50	2.72	5.5	100	3.41	8.8	3.8	6.1	1.4	2.2
150	50	2.93	5.1	150	6.34	7.1	3.5	4.9	1.3	1.8
200	50	2.91	6.2	200	9.25	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7
250	50	2.44	6.1	250	11.69	6.4	4.2	4.4	1.6	1.6
350	100	6.21	4.8	350	17.90	5.9	3.3	4.0	1.2	1.5

Pressione	Cedimento totale
[kPa]	[mm]

0.0	0.00
50.0	0.69
100.0	3.41
150.0	6.34
200.0	9.25
250.0	11.69
300.0	17.90
250.0	17.90
150.0	17.36
4.0	13.41

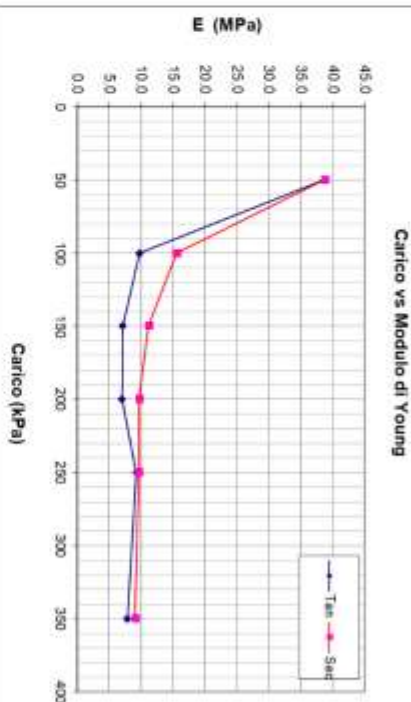
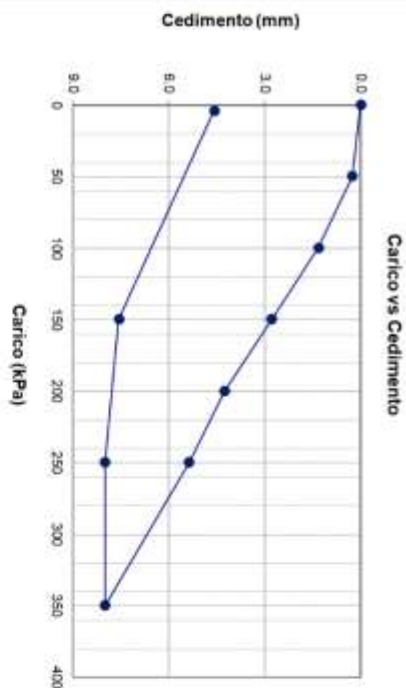
Cedimento massimo misurato (mm)	17.90
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	4.49
%	25.1

Cedimento residuo (mm)	13.41
%	74.9

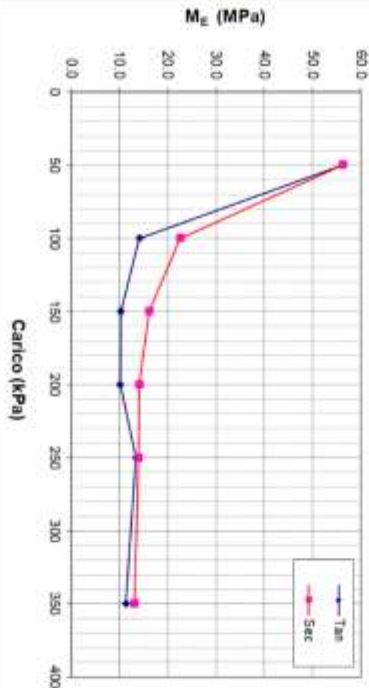


SITO	PV DISCARICA ASA - RAVENNA		Prof. (m da p.c.)	0.1
DATA	21/04/2023		v	0.35
			D [mm]	300

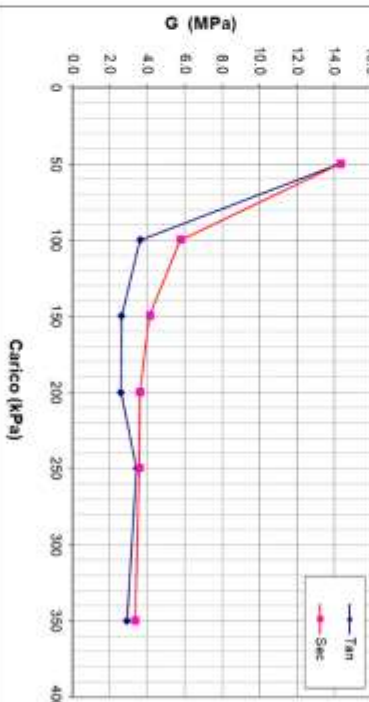
P03



Carico vs Modulo di compressione



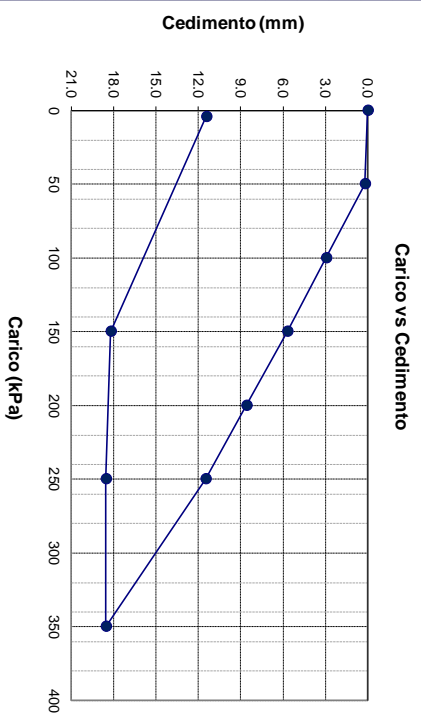
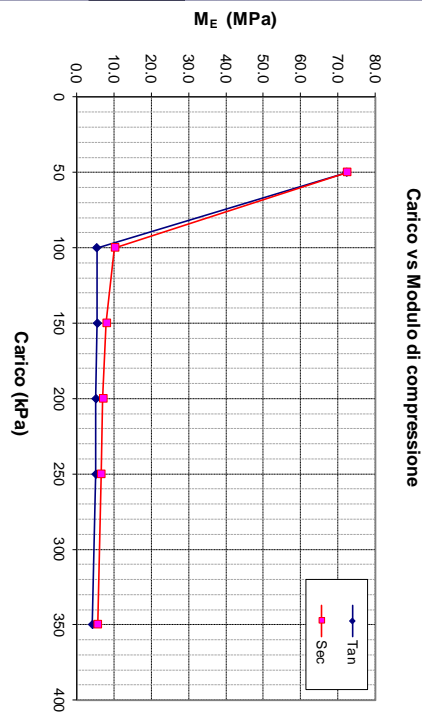
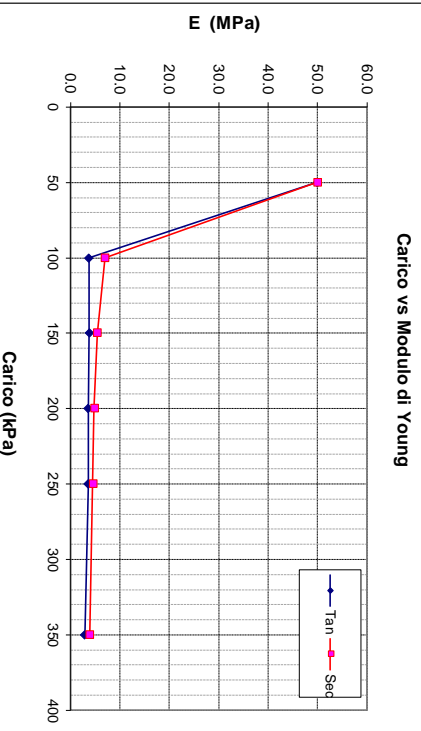
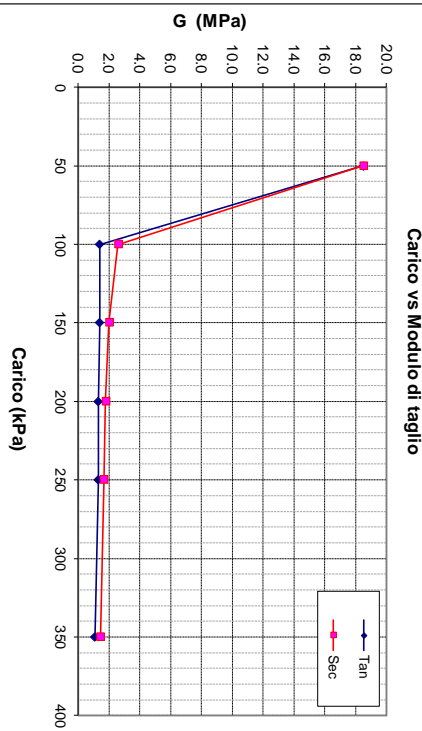
Carico vs Modulo di taglio




P03

P	Ap	As	M _{sc}	P _{sc}	S _{sc}	M _{sc}	E _{sc}	E _{sc}	G _{sc}	G _{sc}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.27	56.2	50	0.27	56.2	38.7	38.7	14.3	14.3
100	50	1.06	14.2	100	1.33	22.6	9.7	15.6	3.6	5.8
150	50	1.46	10.3	150	2.78	16.2	7.1	11.1	2.6	4.1
200	50	1.47	10.2	200	4.26	14.1	7.0	9.7	2.6	3.6
250	50	1.11	13.5	250	5.37	14.0	9.3	9.6	3.4	3.6
350	100	2.63	11.4	350	8.00	13.1	7.9	9.0	2.9	3.3

Cedimento massimo misurato (mm)	8.01
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	3.42
%	42.7
Cedimento residuo (mm)	4.59
%	57.3

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA		Prof (m da p.c.)		0.1																																																																																								
	24/02/2023		n		0.35																																																																																								
	DATA		D [mm]		300																																																																																								
P04																																																																																													
Carico vs Cedimento																																																																																													
																																																																																													
Carico vs Modulo di compressione																																																																																													
																																																																																													
Carico vs Modulo di Young																																																																																													
																																																																																													
Carico vs Modulo di taglio																																																																																													
																																																																																													
<table><tr><th>P</th><th>Dp</th><th>Ds</th><th>M_{tan}</th><th>P_{corr}</th><th>S_{corr}</th><th>M_{sec}</th><th>E_{tan}</th><th>E_{sec}</th><th>G_{tan}</th><th>G_{sec}</th></tr><tr><td>50</td><td>50</td><td>0.21</td><td>72.5</td><td>50</td><td>0.21</td><td>72.5</td><td>49.9</td><td>49.9</td><td>18.5</td><td>18.5</td></tr><tr><td>100</td><td>50</td><td>2.75</td><td>5.5</td><td>100</td><td>2.96</td><td>10.1</td><td>3.8</td><td>7.0</td><td>1.4</td><td>2.6</td></tr><tr><td>150</td><td>50</td><td>2.74</td><td>5.5</td><td>150</td><td>5.69</td><td>7.9</td><td>3.8</td><td>5.4</td><td>1.4</td><td>2.0</td></tr><tr><td>200</td><td>50</td><td>2.90</td><td>5.2</td><td>200</td><td>8.59</td><td>7.0</td><td>3.6</td><td>4.8</td><td>1.3</td><td>1.8</td></tr><tr><td>250</td><td>50</td><td>2.90</td><td>5.2</td><td>250</td><td>11.49</td><td>6.5</td><td>3.6</td><td>4.5</td><td>1.3</td><td>1.7</td></tr><tr><td>300</td><td>50</td><td>2.90</td><td>5.2</td><td>300</td><td>14.44</td><td>6.5</td><td>3.6</td><td>4.5</td><td>1.3</td><td>1.7</td></tr><tr><td>350</td><td>50</td><td>2.90</td><td>5.2</td><td>350</td><td>18.56</td><td>5.7</td><td>2.9</td><td>3.9</td><td>1.1</td><td>1.4</td></tr></table>						P	Dp	Ds	M _{tan}	P _{corr}	S _{corr}	M _{sec}	E _{tan}	E _{sec}	G _{tan}	G _{sec}	50	50	0.21	72.5	50	0.21	72.5	49.9	49.9	18.5	18.5	100	50	2.75	5.5	100	2.96	10.1	3.8	7.0	1.4	2.6	150	50	2.74	5.5	150	5.69	7.9	3.8	5.4	1.4	2.0	200	50	2.90	5.2	200	8.59	7.0	3.6	4.8	1.3	1.8	250	50	2.90	5.2	250	11.49	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7	300	50	2.90	5.2	300	14.44	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7	350	50	2.90	5.2	350	18.56	5.7	2.9	3.9	1.1	1.4
P	Dp	Ds	M _{tan}	P _{corr}	S _{corr}	M _{sec}	E _{tan}	E _{sec}	G _{tan}	G _{sec}																																																																																			
50	50	0.21	72.5	50	0.21	72.5	49.9	49.9	18.5	18.5																																																																																			
100	50	2.75	5.5	100	2.96	10.1	3.8	7.0	1.4	2.6																																																																																			
150	50	2.74	5.5	150	5.69	7.9	3.8	5.4	1.4	2.0																																																																																			
200	50	2.90	5.2	200	8.59	7.0	3.6	4.8	1.3	1.8																																																																																			
250	50	2.90	5.2	250	11.49	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7																																																																																			
300	50	2.90	5.2	300	14.44	6.5	3.6	4.5	1.3	1.7																																																																																			
350	50	2.90	5.2	350	18.56	5.7	2.9	3.9	1.1	1.4																																																																																			
<table><tr><td>Cedimento massimo misurato(mm)</td><td>18.56</td></tr><tr><td>Cedimento recuperato (elastico) (mm)</td><td>7.12</td></tr><tr><td>%</td><td>38.4</td></tr><tr><td>Cedimento residuo (mm)</td><td>11.44</td></tr><tr><td>%</td><td>61.6</td></tr></table>						Cedimento massimo misurato(mm)	18.56	Cedimento recuperato (elastico) (mm)	7.12	%	38.4	Cedimento residuo (mm)	11.44	%	61.6																																																																														
Cedimento massimo misurato(mm)	18.56																																																																																												
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	7.12																																																																																												
%	38.4																																																																																												
Cedimento residuo (mm)	11.44																																																																																												
%	61.6																																																																																												



incico spa
sistemi integrati engineering

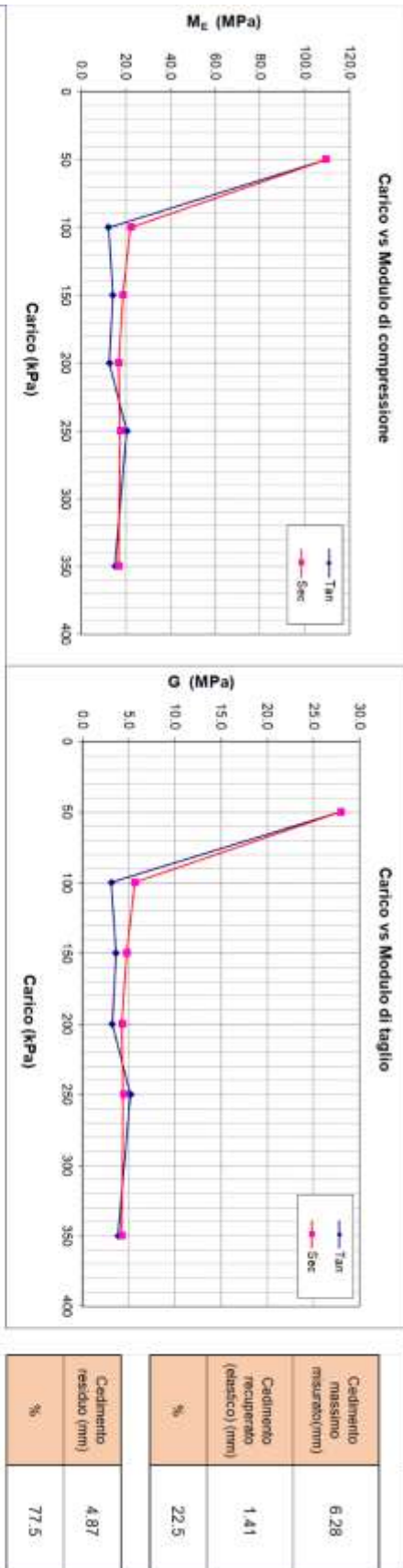
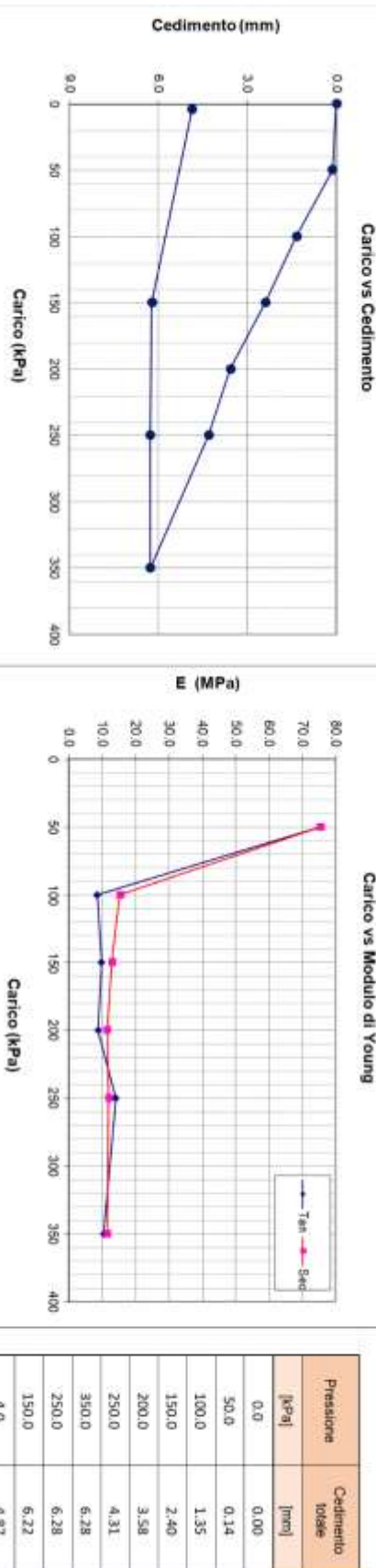
incico spa

advanced integrated engineering

Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.21
100.0	2.96
150.0	5.69
200.0	8.59
250.0	11.49
300.0	14.44
350.0	17.44
400.0	20.44

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA			Prof (m da p.c.)	0.1
DATA	20/04/2023			v	0.39
				D [mm]	300

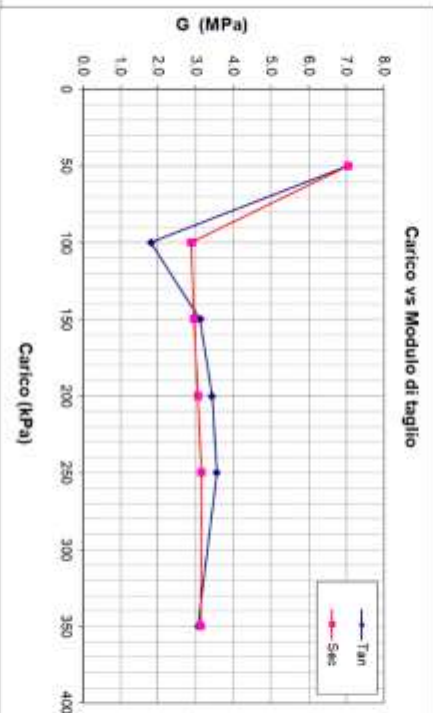
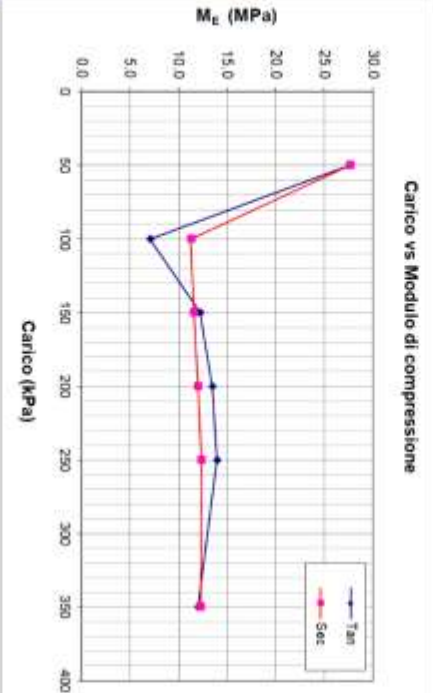
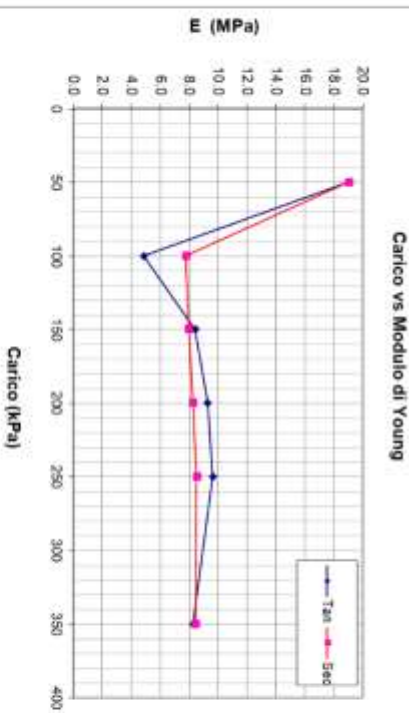
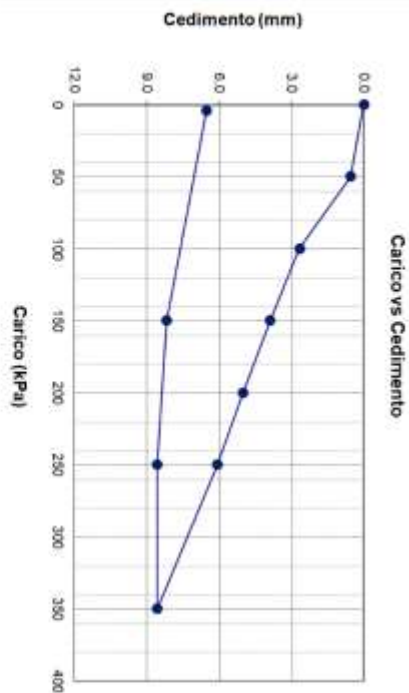
P05



P05											
P [kPa]	ΔP [kPa]	ΔS [mm]	M _{tan} [MPa]	P _{rec} [kPa]	S _{tan} [mm]	M _{sec} [MPa]	E _{tan} [MPa]	E _{sec} [MPa]	G _{tan} [MPa]	G _{sec} [MPa]	
50	50	0.14	109.5	50	0.14	109.5	75.4	75.4	27.9	27.9	
100	50	1.21	12.4	100	1.35	22.2	8.5	15.3	3.2	5.7	
150	50	1.05	14.3	150	2.40	18.8	9.8	12.9	3.6	4.8	
200	50	1.18	12.7	200	3.58	16.8	8.8	11.6	3.3	4.3	
250	50	0.73	20.5	250	4.31	17.4	14.1	12.0	6.2	4.4	
350	100	1.87	15.2	350	6.28	16.7	10.5	11.5	3.9	4.3	

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA		Prof (m da p.c.)	0.1
DATA	20/04/2023		v	0.35
			D (mm)	300

P06

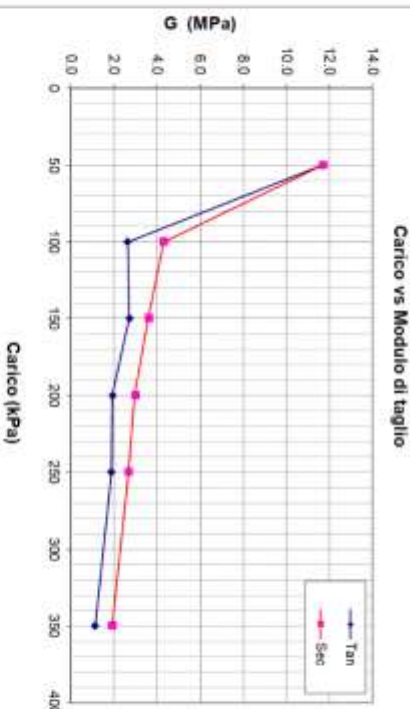
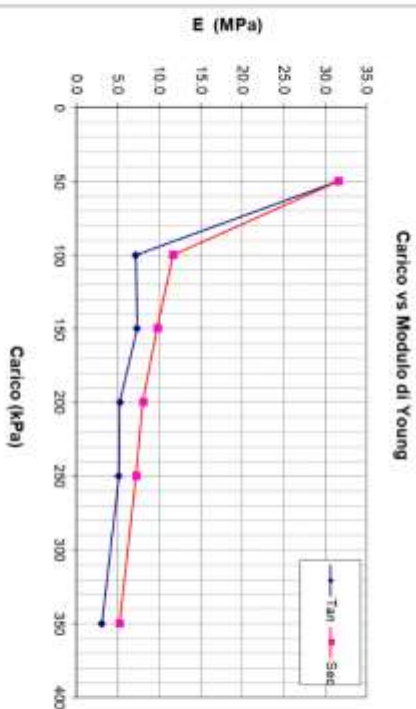
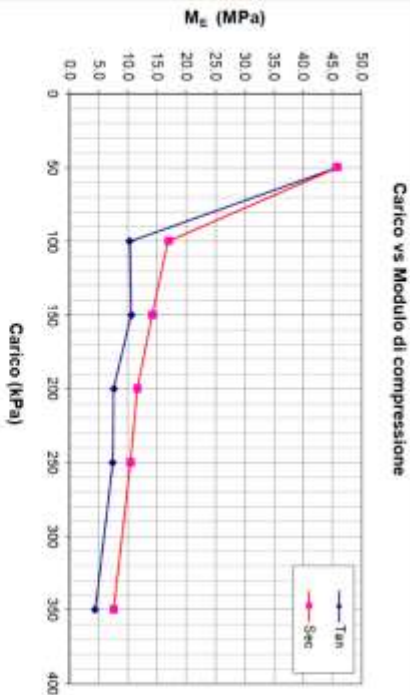
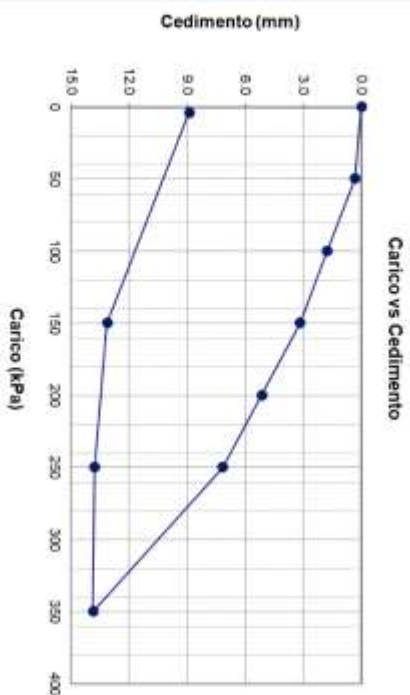


Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.54
100.0	2.66
150.0	3.89
200.0	5.00
250.0	6.08
300.0	8.57
350.0	8.57
4.0	6.52

Cedimento massimo misurato (mm)	8.57
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	2.05
%	23.9

Cedimento residuo (mm)	6.52
%	76.1

P06									
P [kPa]	ΔP [kPa]	ΔS [mm]	M _{lim} [MPa]	P _{lim} [kPa]	S _{lim} [mm]	M _{lim} [MPa]	E _{lim} [MPa]	E _{lim} [MPa]	G _{lim} [MPa]
50	50	0.54	27.6	50	0.54	27.6	19.0	19.0	7.0
100	50	2.12	7.1	100	2.66	11.3	4.9	7.8	1.8
150	50	1.23	12.2	150	3.89	11.6	8.4	8.0	3.1
200	50	1.11	13.5	200	5.00	12.0	9.3	8.3	3.4
250	50	1.07	14.0	250	6.08	12.3	9.6	8.5	3.6
300	50	1.07	12.0	300	8.57	12.2	8.3	8.4	3.1
350	100								



P07										
P	Δp	Δs	M_{sum}	P_{sum}	S_{cov}	M_{acc}	E_{err}	E_{acc}	G_{err}	G_{acc}
[MPa]	[MPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.33	45.9	50	0.33	45.9	31.6	31.6	11.7	11.7
100	50	1.45	10.4	100	1.77	16.9	7.1	11.7	2.6	4.3
150	50	1.41	10.7	150	3.18	14.2	7.3	9.7	2.7	3.6
200	50	1.97	7.6	200	5.15	11.7	5.3	8.0	1.9	3.0
250	50	2.02	7.4	250	7.16	10.5	5.1	7.2	1.9	2.7
350	100	6.72	4.5	350	13.88	7.6	3.1	5.2	1.1	1.9

Presi3ne	Cedimento t3rren
[kPa]	[mm]
0.0	0.00
50.0	0.33
100.0	1.77
150.0	3.18
200.0	5.15
250.0	7.16
350.0	13.88
250.0	13.80
150.0	13.14
4.0	8.91

Cedimento massimo misurato(mm)	13.88
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	4.97
%	35.8

Cedimento resíduo (mm)	8,91
%	64,2

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA

N° COMMESSA (JOB N°)

ID DOC. (DOC. ID)

REV.

N° FG. (SH. N.)

DI (LAST)

500107

CX00RN001

1

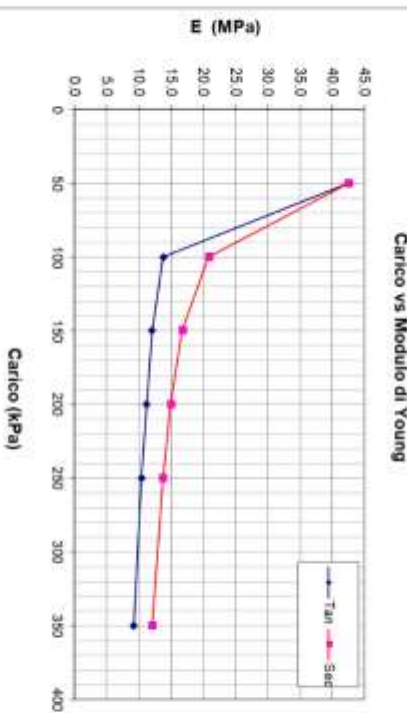
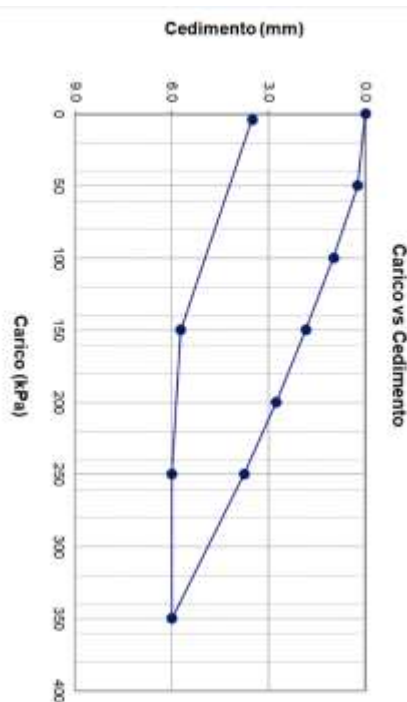
34

41

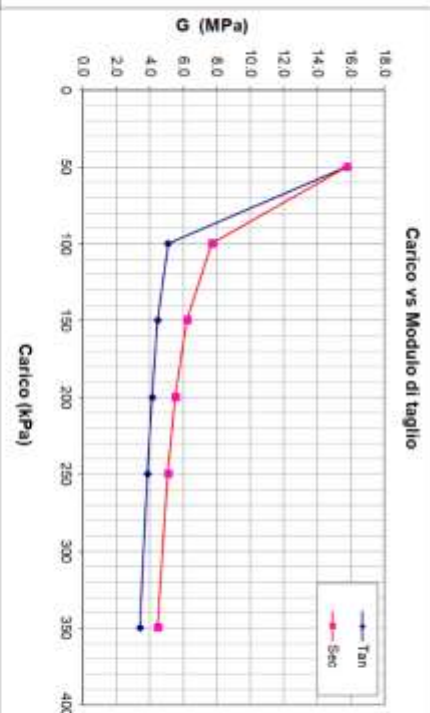
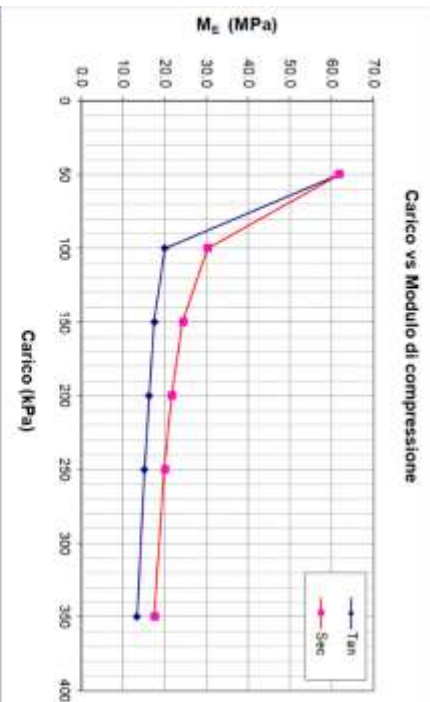
RELAZIONE GEOTECNICA

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	20/04/2023
Prof (m da p.c.)	
v	0.35
D [mm]	
	300

P08



Pressione	Cedimento totale
[kPa]	[mm]
0.0	0.00
50.0	0.24
100.0	0.99
150.0	1.85
200.0	2.77
250.0	3.76
300.0	6.00
350.0	6.00
40.0	3.52

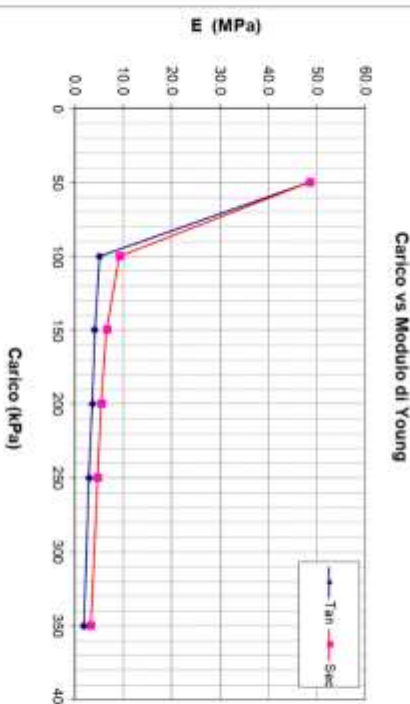
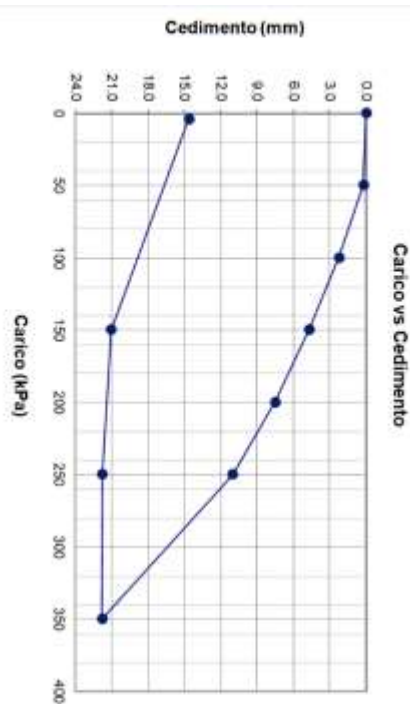


Cedimento massimo misurato (mm)	6.00
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	2.48
%	41.4
Cedimento residuo (mm)	3.52
%	58.6

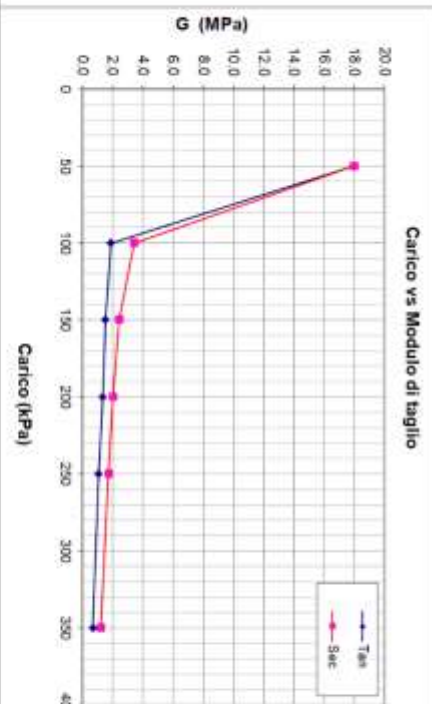
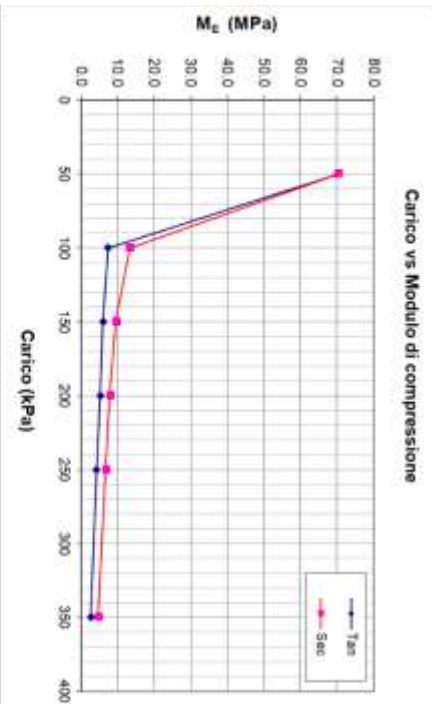
P08											
P	ΔP	Δs	M _{lim}	P _{corr}	S _{corr}	M _{acc}	E _{lim}	E _{acc}	G _{lim}	G _{acc}	
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
50	50	0.24	61.7	50	0.24	61.7	42.5	42.5	15.7	15.7	
100	50	0.75	20.0	100	0.99	30.2	13.8	20.8	5.1	7.7	
150	50	0.86	17.5	150	1.85	24.3	12.1	16.8	4.5	6.2	
200	50	0.92	16.3	200	2.77	21.7	11.2	14.9	4.2	5.5	
250	50	0.99	15.2	250	3.76	19.9	10.4	13.7	3.9	5.1	
350	100	2.24	13.4	350	6.00	17.5	9.2	12.1	3.4	4.5	

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	19/04/2023
Prof (m da p.c.)	0.1
v	0.36
D [mm]	300

P09



Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.21
100.0	2.23
150.0	4.71
200.0	7.53
250.0	11.03
300.0	21.81
350.0	21.79
150.0	21.07
4.0	14.64



Cedimento massimo misurato (mm)	21.81
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	7.17
%	32.9
Cedimento residuo (mm)	14.64
%	67.1

P09									
P [kPa]	Δp [kPa]	Δs [mm]	M _{un} [MPa]	P _{unr} [kPa]	S _{unr} [mm]	M _{sec} [MPa]	E _{un} [MPa]	E _{sec} [MPa]	G _{un} [MPa]
50	50	0.21	70.4	50	0.21	70.4	48.5	48.5	18.0
100	50	2.02	7.4	100	2.23	13.4	5.1	9.3	1.9
150	50	2.47	6.1	150	4.71	9.6	4.2	6.6	1.5
200	50	2.82	5.3	200	7.53	8.0	3.7	5.5	1.4
250	50	3.50	4.3	250	11.03	6.8	3.0	4.7	1.1
350	100	10.78	2.8	350	21.81	4.8	1.9	3.3	0.7

Cedimento residuo (mm)	14.64
%	67.1



IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA

N° COMMESSA (JOB N°)

ID DOC. (DOC. ID)

REV.

N° FG. (SH. N.)

DI (LAST)

500107

CX00RN001

1

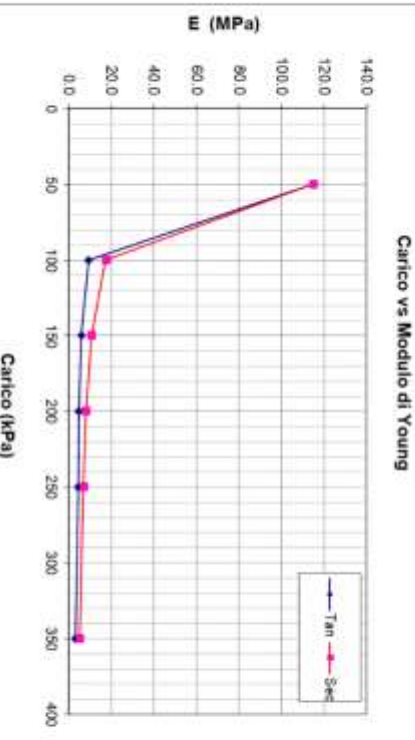
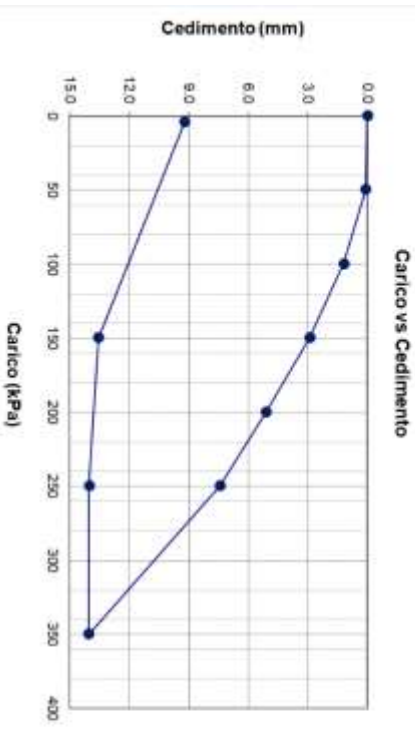
36

41

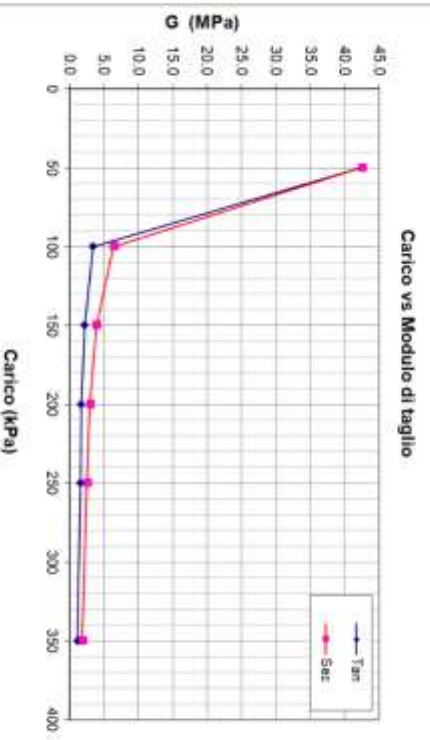
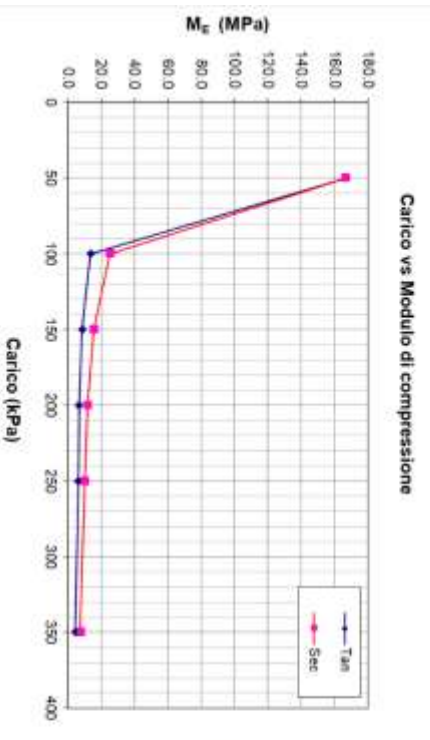
RELAZIONE GEOTECNICA

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	19/04/2023
Prof (m da p.c.)	0.1
v	0.36
D [mm]	300

P10



Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.09
100.0	1.19
150.0	2.91
200.0	5.10
250.0	7.43
300.0	14.04
350.0	14.03
150.0	13.55
4.0	9.20



Cedimento massimo misurato (mm)	14.04
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	4.84
%	34.5
Cedimento residuo (mm)	9.20
%	65.5

P10											
P [kPa]	A _p [kPa]	A _s [mm]	M _{un} [MPa]	P _{con} [kPa]	S _{con} [mm]	M _{acc} [MPa]	E _{un} [MPa]	E _{acc} [MPa]	G _{un} [MPa]	G _{acc} [MPa]	
50	50	0.09	166.7	50	0.09	166.7	114.8	114.8	42.5	42.5	
100	50	1.10	13.6	100	1.19	25.2	9.4	17.4	3.5	6.4	
150	50	1.72	8.7	150	2.91	15.4	6.0	10.8	2.2	3.9	
200	50	2.19	6.9	200	5.10	11.8	4.7	8.1	1.7	3.0	
250	50	2.33	6.4	250	7.43	10.1	4.4	7.0	1.6	2.6	
350	100	6.61	4.5	350	14.04	7.5	3.1	5.2	1.2	1.9	



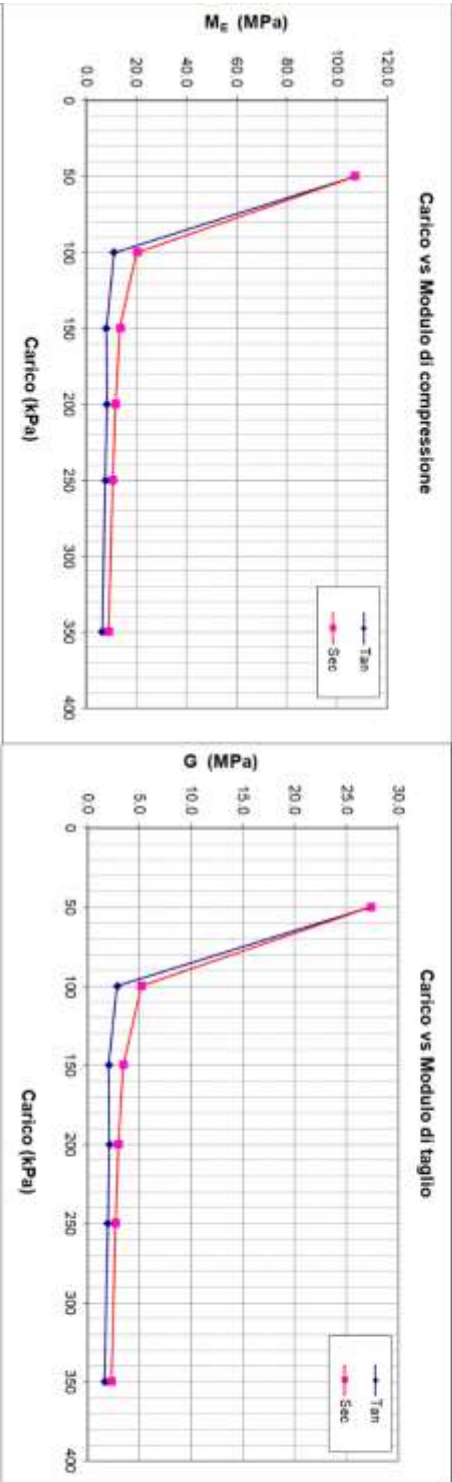
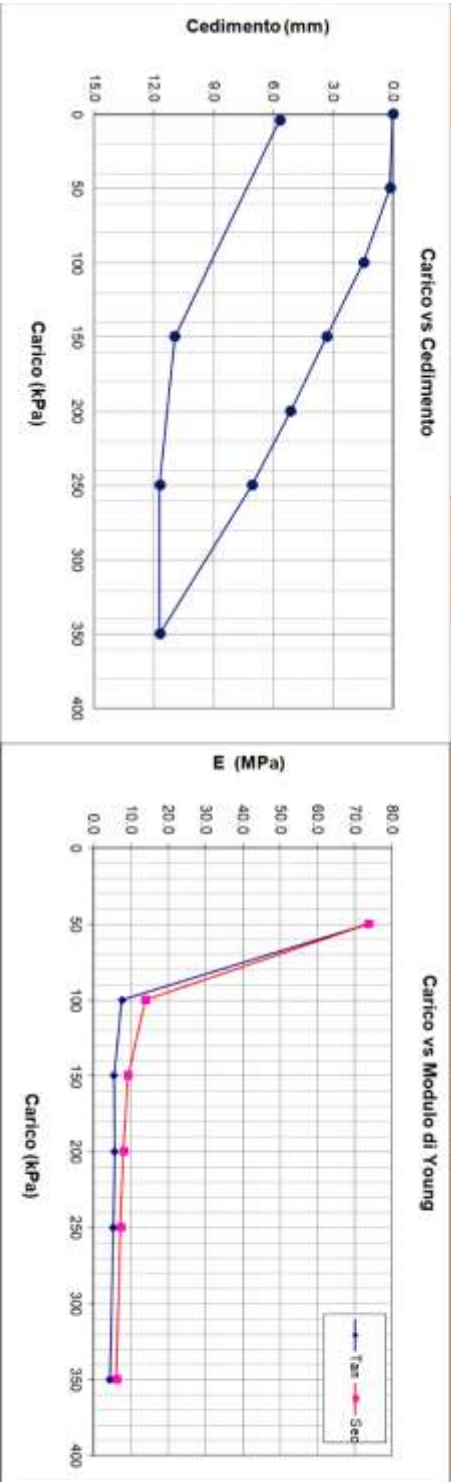
IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA

N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
500107	CX00RN001	1	37	41

RELAZIONE GEOTECNICA

STO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA	Prof (m da p.c.)	0,1
DATA	19/04/2023	v	0,35
		D [mm]	300


advanced integrated engineering

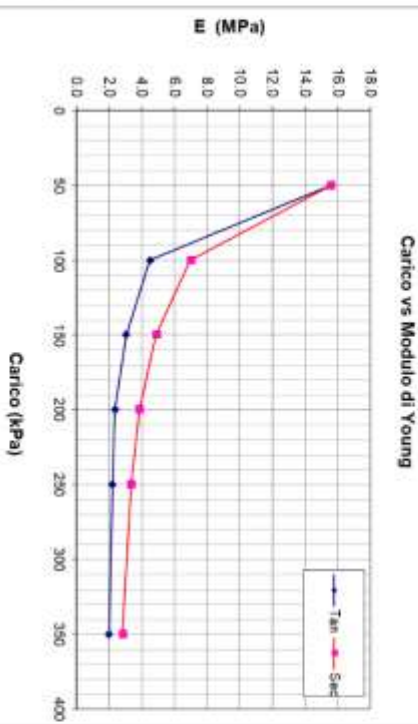
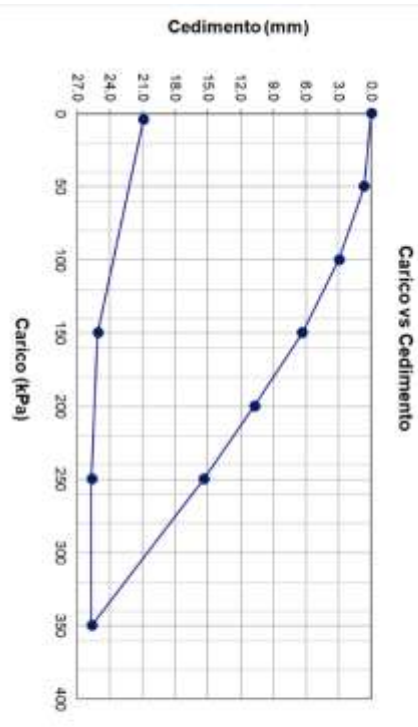


P11									
p	Δp	Δs	M _{lim}	P _{scorr}	S _{scorr}	M _{lim}	E _{lim}	E _{scorr}	G _{scorr}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.14	107.1	50	0.14	107.1	73.8	73.8	27.3
100	50	1.34	11.2	100	1.48	20.3	7.7	14.0	2.9
150	50	1.85	8.1	150	3.33	13.5	5.6	8.3	2.1
200	50	1.80	8.3	200	5.13	11.7	5.7	8.1	2.1
250	50	1.95	7.7	250	7.07	10.6	5.3	7.3	2.0
350	100	4.63	6.5	350	11.70	9.0	4.5	6.2	1.7

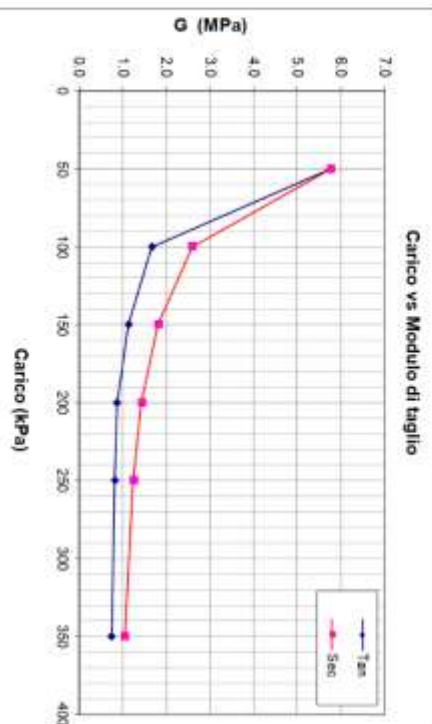
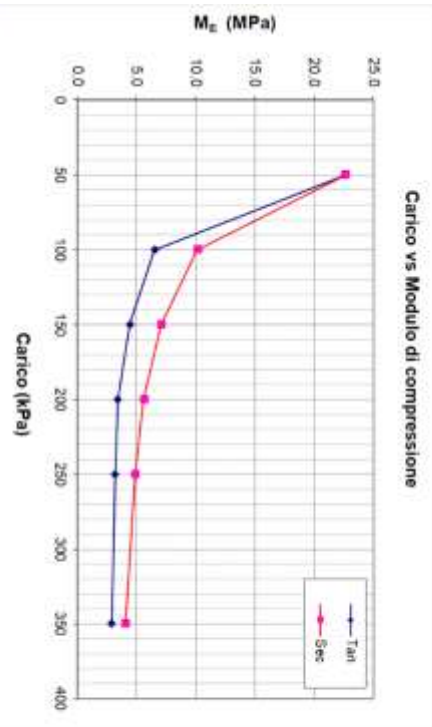
Cedimento massimo misurato (mm)	11.70
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	6.02
%	51.4
Cedimento residuo (mm)	5.69
%	48.6

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	21/04/2023
Pref (m da p.c.)	0.1
v	0.35
D (mm)	300

P12



Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.66
100.0	2.96
150.0	6.34
200.0	10.72
250.0	15.40
300.0	20.91
350.0	25.70
4.0	20.91



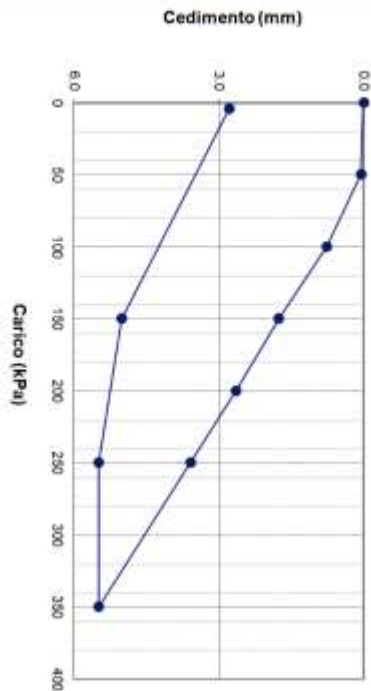
Cedimento massimo misurato (mm)	25.70
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	4.79
%	18.6
Cedimento residuo (mm)	20.91
%	81.4

P	ΔP	ΔS	M _{tan}	P _{ovr}	S _{ovr}	M _{sec}	E _{tan}	E _{sec}	G _{tan}	G _{sec}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.66	22.6	50	0.66	22.6	15.6	15.6	5.8	5.8
100	50	2.30	6.5	100	2.96	10.1	4.5	7.0	1.7	2.6
150	50	3.38	4.4	150	6.34	7.1	3.1	4.9	1.1	1.8
200	50	4.38	3.4	200	10.72	5.6	2.4	3.9	0.9	1.4
250	50	4.68	3.2	250	15.40	4.9	2.2	3.4	0.8	1.2
300	100	10.30	2.9	350	25.70	4.1	2.0	2.8	0.7	1.0

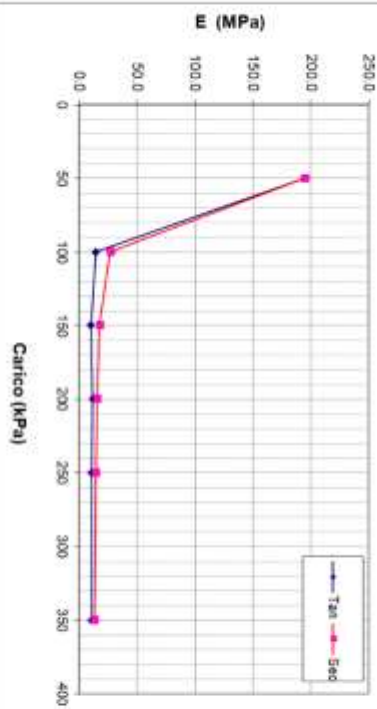
SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	20/04/2023
Prof (m da f.c.)	0.1
v	0.35
D (mm)	300

P13

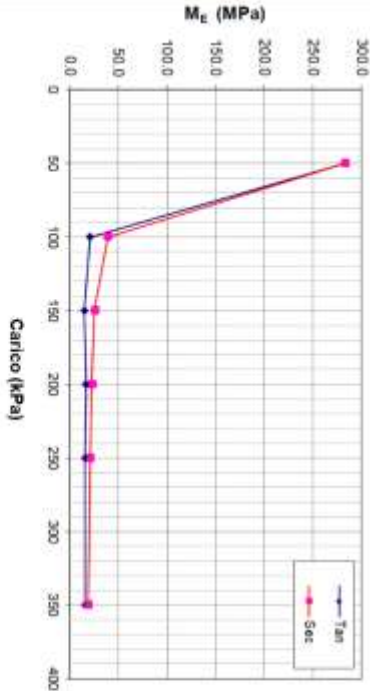
Carico vs Cedimento



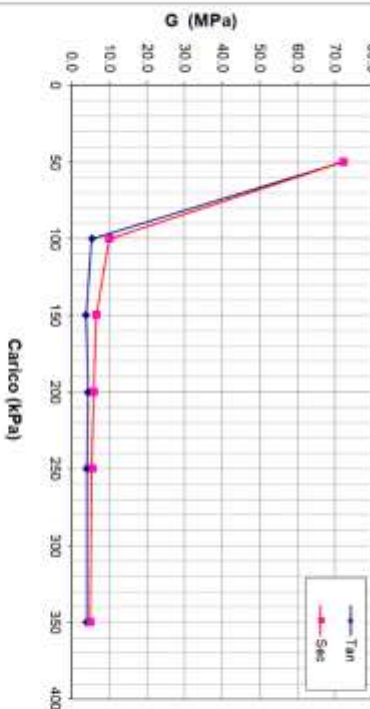
Carico vs Modulo di Young



Carico vs Modulo di compressione



Carico vs Modulo di taglio



P13

P	ΔP	ΔS	M _{lim}	P _{lim}	S _{scor}	M _{lec}	E _{lim}	E _{lec}	G _{lim}	G _{lec}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.05	263.0	50	0.05	263.0	195.0	195.0	72.2	72.2
100	50	0.71	21.0	100	0.77	39.1	14.5	26.9	5.4	10.0
150	50	1.00	15.1	150	1.76	26.5	10.4	17.6	3.8	6.5
200	50	0.88	17.0	200	2.64	22.7	11.7	15.6	4.3	5.8
250	50	0.94	15.9	250	3.59	20.9	10.9	14.4	4.1	5.3
350	100	1.91	15.7	350	5.49	19.1	10.8	13.2	4.0	4.9

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA

N° COMMESSA (JOB N°)

ID DOC. (DOC. ID)

REV.

N° FG. (SH. N.)

DI (LAST)

500107

CX00RN001

1

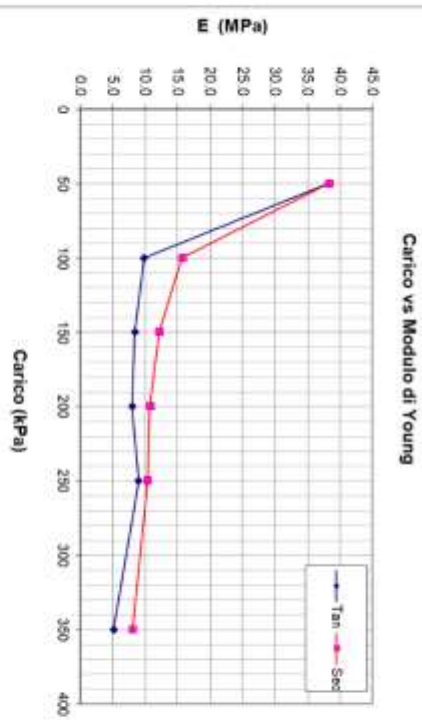
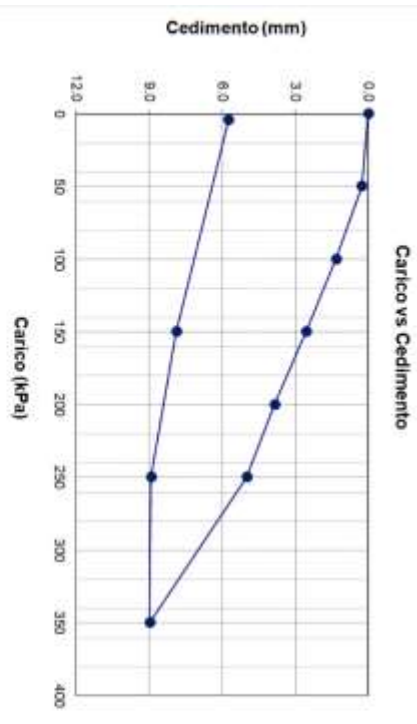
40

41

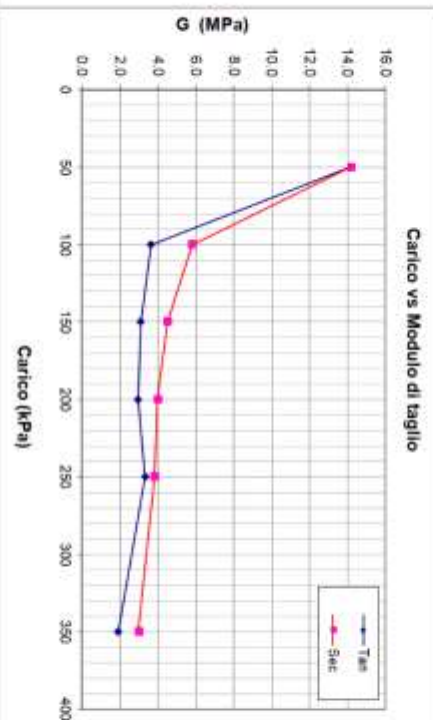
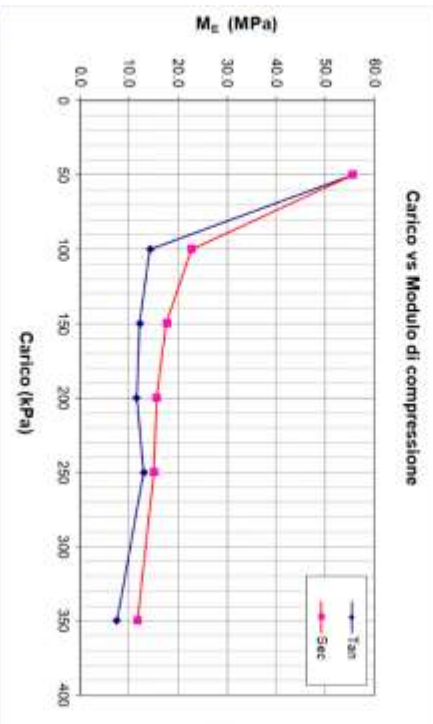
RELAZIONE GEOTECNICA

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA
DATA	2004/2023
	Prof (m da p.c.)
	v
	D [mm]
	0.1
	0.36
	300

P14



Pressione [kPa]	Cedimento totale [mm]
0.0	0.00
50.0	0.27
100.0	1.32
150.0	2.55
200.0	3.84
250.0	4.99
350.0	8.97
250.0	8.92
150.0	7.89
4.0	5.74



Cedimento massimo misurato (mm)	8.97
Cedimento recuperato (elastico) (mm)	3.23
%	36.0
Cedimento residuo (mm)	5.74
%	64.0

P	Ap	As	M _{tan}	P _{corr}	S _{corr}	M _{sec}	E _{tan}	E _{sec}	G _{tan}	G _{sec}
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
50	50	0.27	55.6	50	0.27	55.6	38.3	38.3	14.2	14.2
100	50	1.06	14.3	100	1.32	22.7	9.8	15.7	3.6	5.8
150	50	1.23	12.2	150	2.55	17.6	8.4	12.2	3.1	4.5
200	50	1.29	11.6	200	3.84	15.6	8.0	10.8	3.0	4.0
250	50	1.15	13.1	250	4.99	15.0	9.0	10.4	3.3	3.8
350	100	3.98	7.5	350	8.97	11.7	5.2	8.1	1.9	3.0

IMPIANTO FOTOVOLTAICO DISCARICA DI RAVENNA KM 2,6 - RAVENNA

N° COMMESSA (JOB N°)

ID DOC. (DOC. ID)

REV.

N° FG. (SH. N.)

DI (LAST)

500107

CX00RN001

1

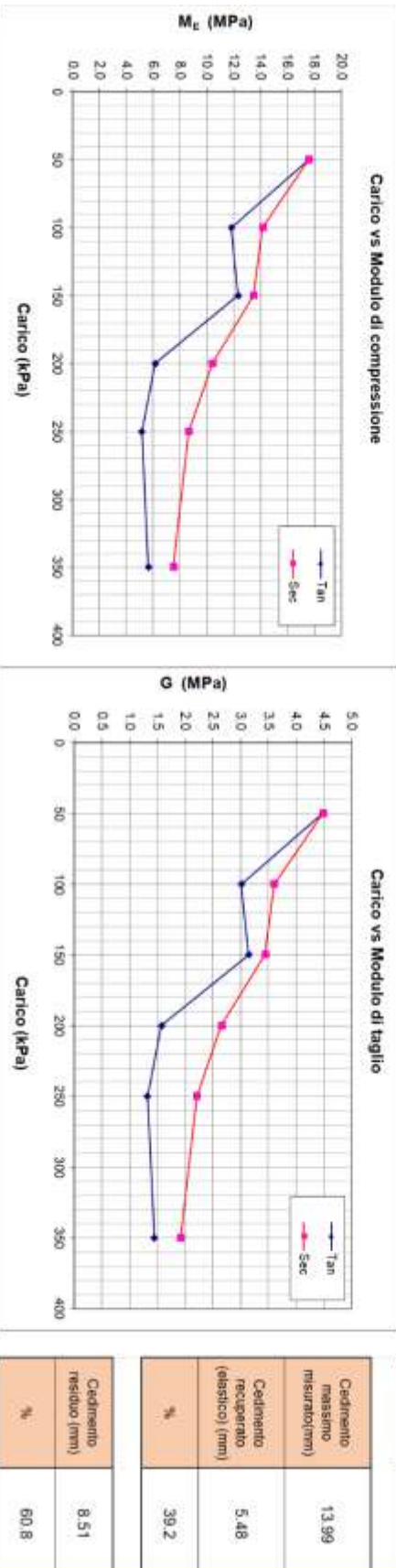
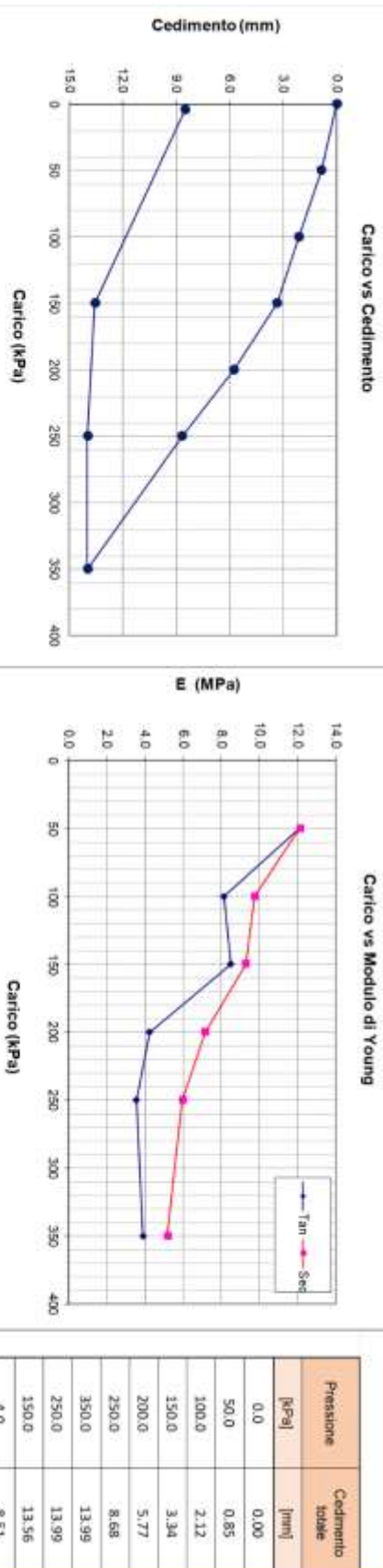
41

41

RELAZIONE GEOTECNICA

SITO	FV DISCARICA ASA - RAVENNA		Prof (m da p.c.)	0.1
DATA	2004/2023		v	0.34
			D [mm]	300

P15



P15											
P	Δp	Δs	M _{max}	P _{curv}	S _{max}	M _{sec}	E _{max}	E _{sec}	G _{max}	G _{sec}	
[kPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[kPa]	[mm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	
50	50	0.85	17.6	50	0.85	17.6	12.1	12.1	4.5	4.5	
100	50	1.27	11.8	100	2.12	14.1	8.1	9.7	3.0	3.6	
150	50	1.22	12.3	150	3.34	13.5	8.5	9.3	3.1	3.4	
200	50	2.43	6.2	200	5.77	10.4	4.2	7.2	1.6	2.7	
250	50	2.90	5.2	250	8.68	8.6	3.6	6.0	1.3	2.2	
350	100	5.31	5.6	350	13.99	7.5	3.9	5.2	1.4	1.9	