

**PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA PER
RIFIUTI PERICOLOSI SITA IN LOC. "VALLE" DEL COMUNE DI
TERNI DI PROPRIETA' ARVEDI-ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
PROGETTO DEFINITIVO**

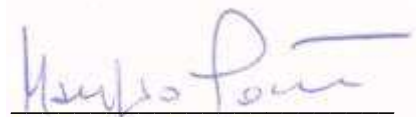
Relazione di consulenza tecnico-scientifica

*Influenza dei carichi indotti dall'ampliamento della discarica per
rifiuti pericolosi sita in loc. "Valle" del comune di Terni sulla galleria
"Tescino Sud"*

03 ottobre 2025

Il Consulente Tecnico-Scientifico

Prof. Ing. Maurizio Ponte



Maurizio Ponte
03.10.2025
15:12:44
GMT+00:00

INDICE

<i>Premessa</i>	3
<i>Analisi del progetto</i>	4
<i>Approccio teorico</i>	12
<i>Approccio numerico</i>	13
<i>Conclusioni</i>	22

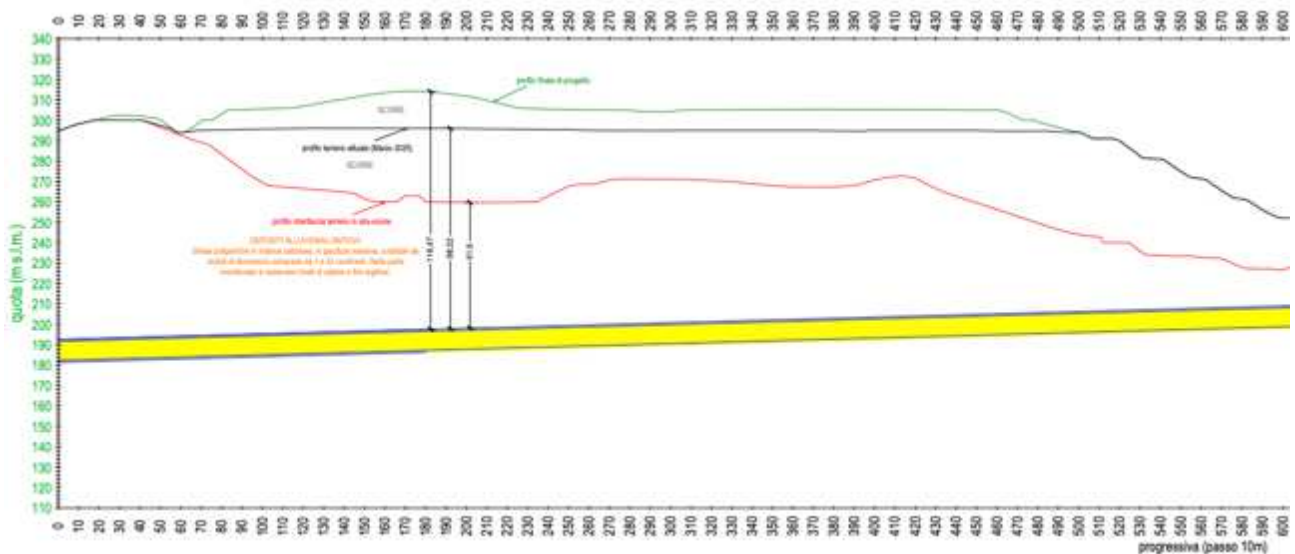
Premessa

Il sottoscritto Prof. Ing. Maurizio Ponte, ingegnere geotecnico, Ricercatore Universitario confermato nel settore della Geologia Applicata presso l'Università della Calabria, attualmente titolare dell'insegnamento di "Indagini geognostiche e Geomeccanica", già titolare degli insegnamenti di "Geologia Applicata e Geomeccanica", "Geotecnica", "Metodi per la Geognostica" e "Frane e stabilità dei pendii" per il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Geologiche, è stato incaricato dal Dott. Geol. Sandro Trastulli e dalla S.G.I. Ingegneria S.r.l., costituiti in RTP, di redigere la presente relazione di consulenza tecnico-scientifica relativa all'influenza dei carichi indotti sulla galleria "Tescino Sud" dall'ampliamento di una discarica per rifiuti pericolosi sita in loc. "Valle" del comune di Terni.

Al fine di valutare l'eventuale influenza del sovraccarico rappresentato dall'ampliamento della discarica sulla sottostante galleria, verranno utilizzati due approcci: il primo è un approccio "teorico", basato sul cosiddetto "effetto arco"; il secondo è un approccio numerico, basato su una modellazione agli elementi finiti.

Analisi del progetto

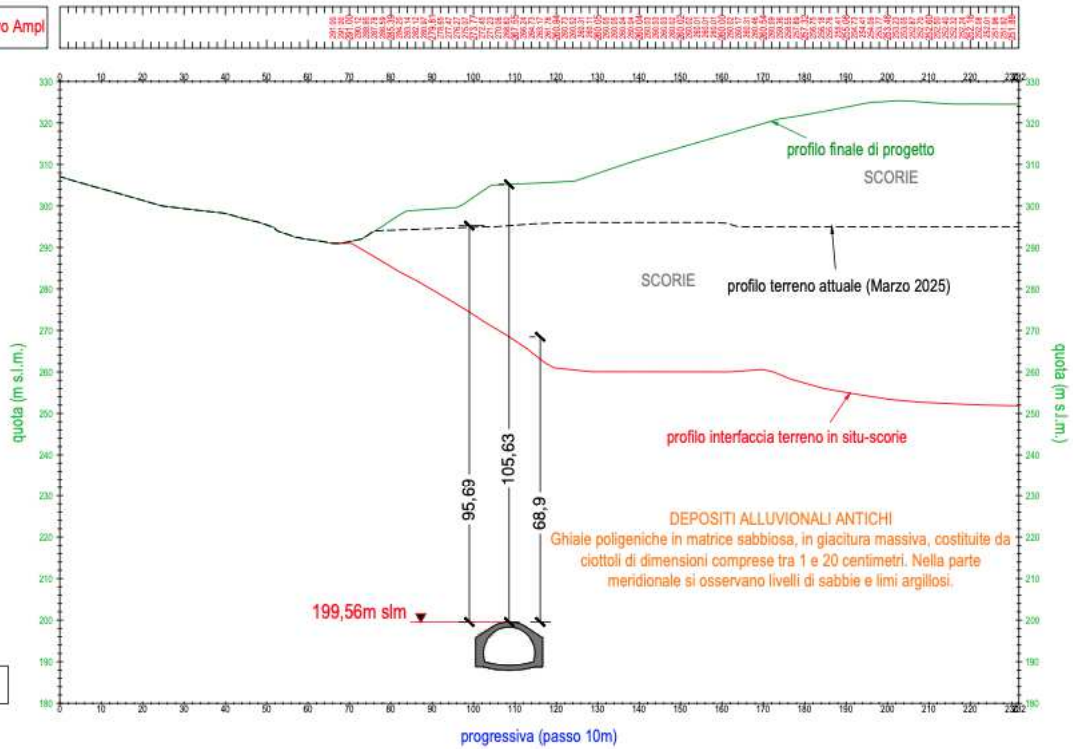
Per come desumibile dagli elaborati grafici a corredo del Progetto Definitivo (Tav. 1 Sezione Longitudinale e Tav. 2 – Sezione Trasversale), nell'area interessata dalla discarica ricade parte del tracciato della suddetta galleria. Infatti, dalla visione della Tav.1, di cui si riporta di seguito uno stralcio fuori scala, la galleria in oggetto è collocata ad una profondità media, rispetto al profilo attuale del terreno, valutabile in circa 105m:



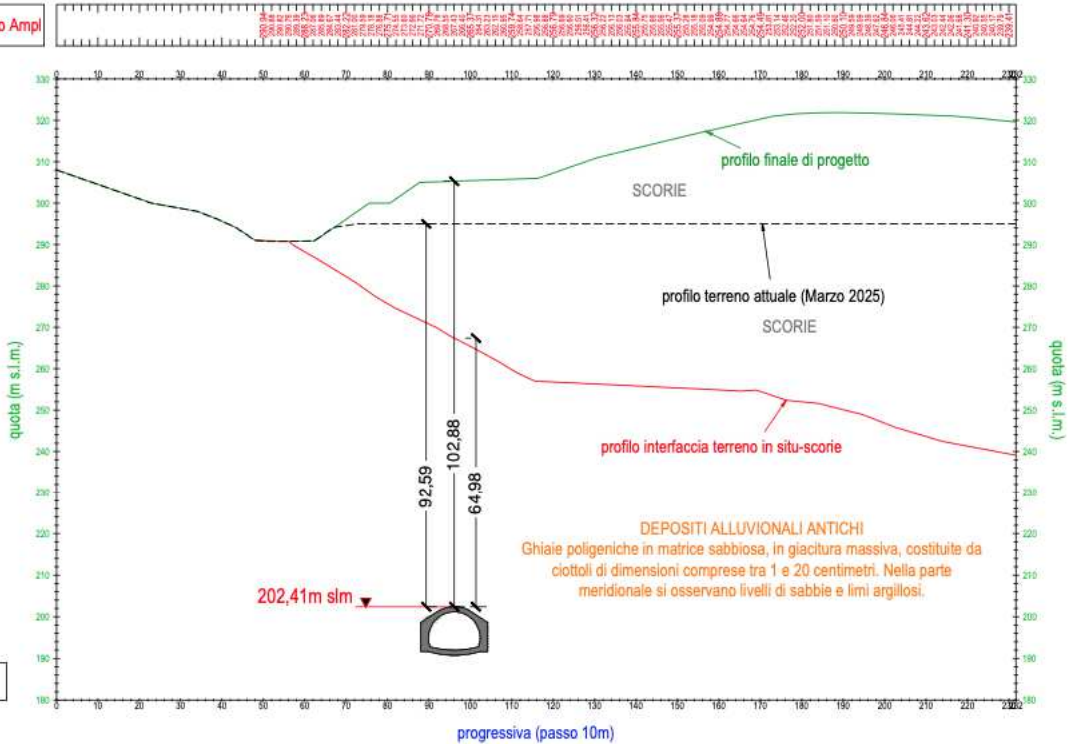
Al di sopra della galleria insistono, dal basso verso l'alto, i terreni in posto, riferibili ad un'unità costituita da depositi alluvionali antichi (ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa in giacitura massiva), per uno spessore valutabile in circa 60m; al di sopra, per uno spessore compreso tra 30 e 40m, si rinvengono le scorie già presenti.

Il progetto prevede di raggiungere, con l'ampliamento della discarica, uno spessore massimo al di sopra della calotta variabile tra 100m e 115m, con un incremento di altezza pari a circa 10m per tutte le sezioni, come mostrato nelle immagini seguenti.

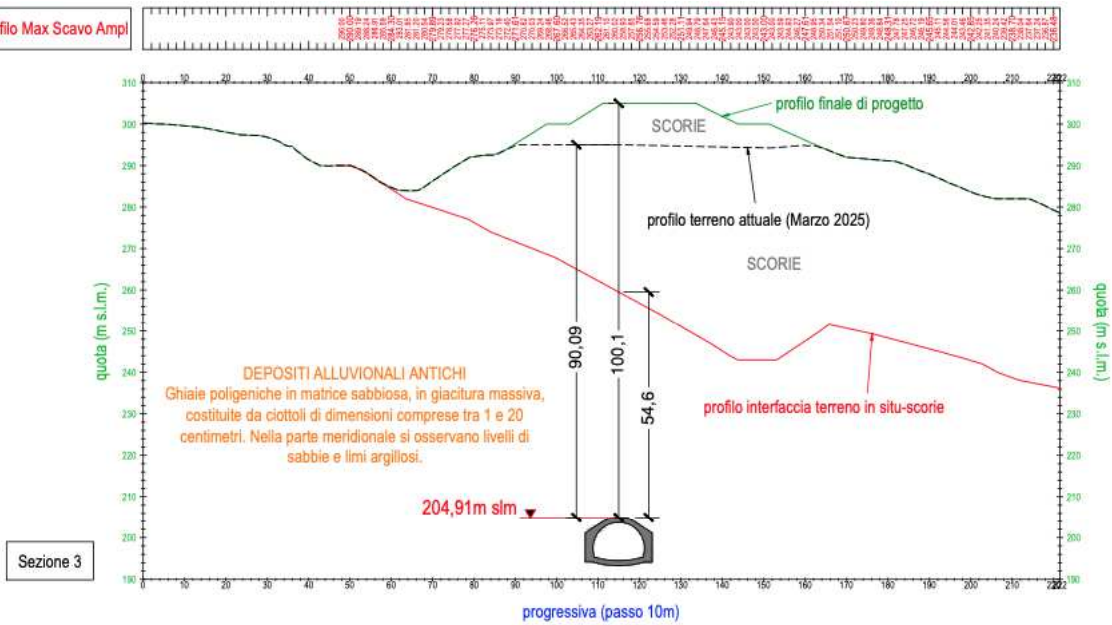
Sez 1 - Profilo Max Scavo Ampl



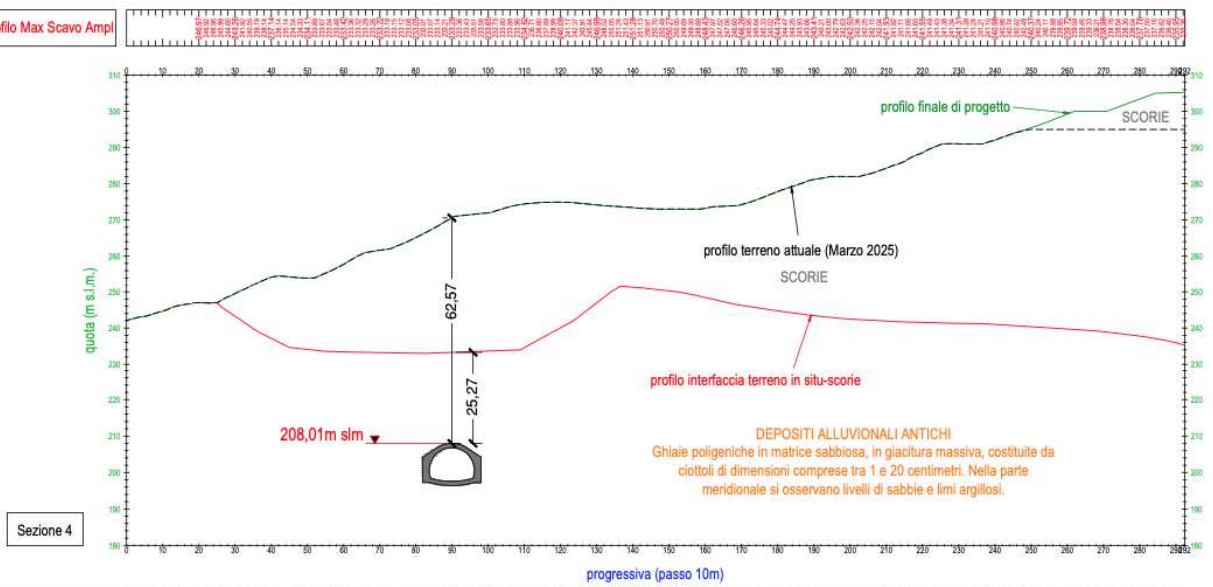
Sez 2 - Profilo Max Scavo Ampl

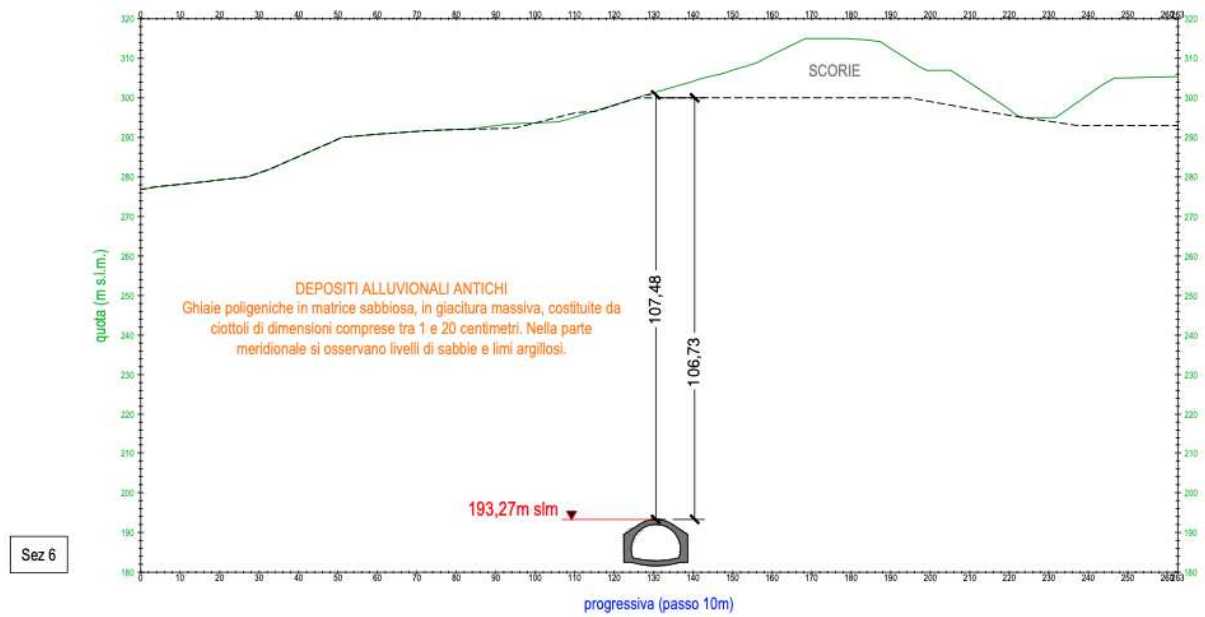
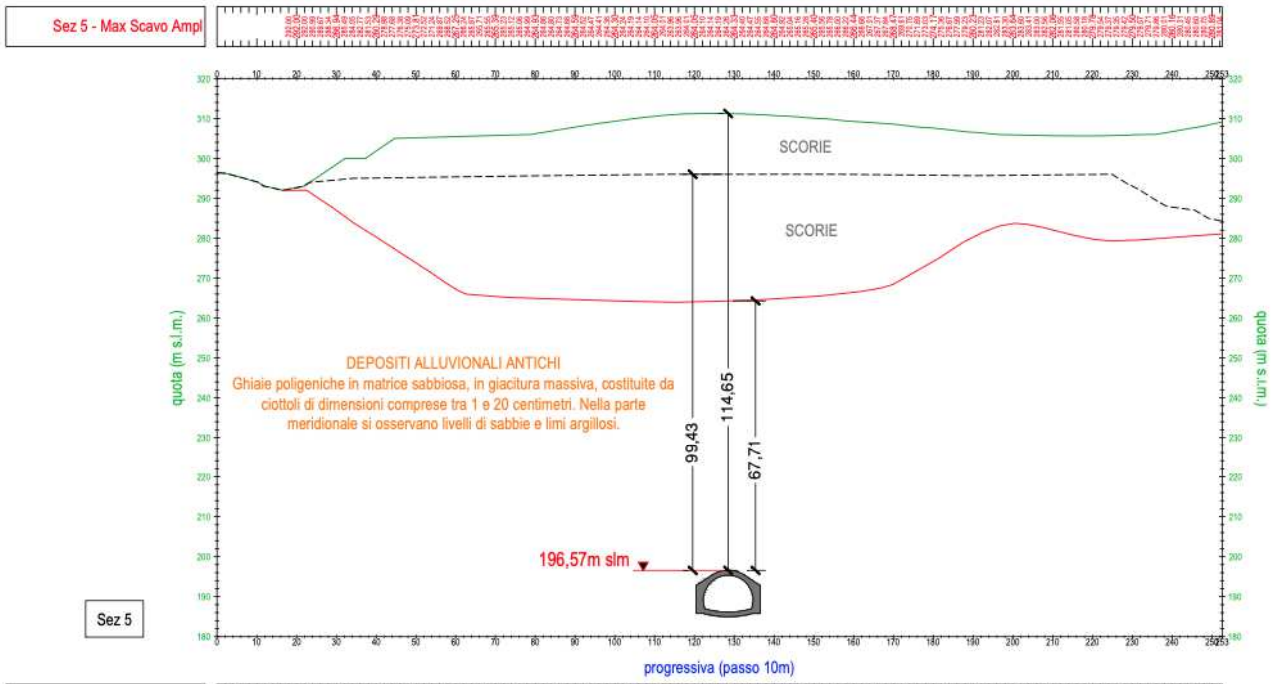


Sez 3 - Profilo Max Scavo Ampl

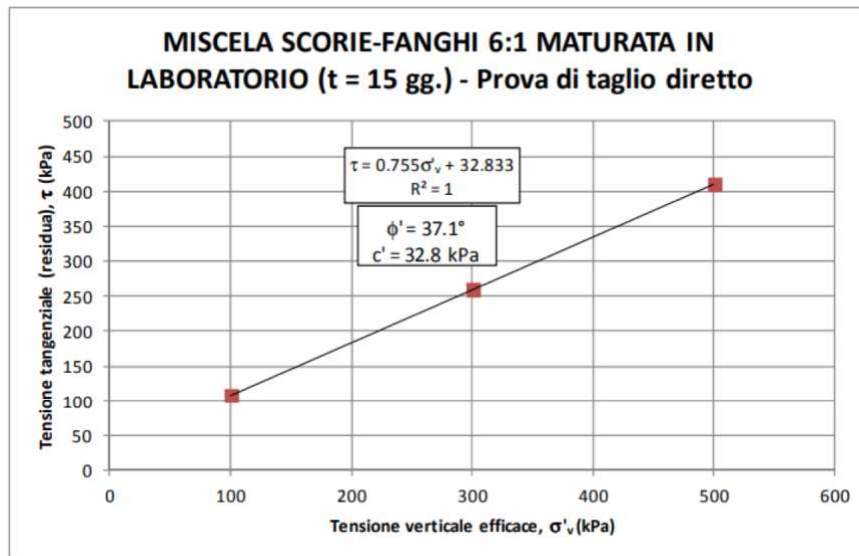


Sez 4 - Profilo Max Scavo Ampl





Le caratteristiche fisiche e meccaniche delle scorie che verranno utilizzate per l'ampliamento sono state desunte da prove di laboratorio (prove di taglio diretto) riportate di seguito:



Per le scorie, pertanto, potrà assumersi:

- Peso dell'unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 2\text{t/m}^3$
- Angolo d'attrito $\phi = 37^\circ$
- Coesione $c = 33\text{kPa}$

Da evidenziare che tali parametri sono desunti da scorie maturate per 15 gg. Mentre, nella realtà, dopo tale periodo le scorie assumono una consistenza "pseudolitoide" per la presenza dell'ossido di calce ottenuto dalla calcinazione del calcare come fondente per purificare i metalli, che agisce assorbendo impurità trasformandole in scorie che vengono poi separate dal metallo.

L'ossido di calce, inoltre, agisce come legante nelle scorie, trasformando le stesse da materiali inerte a materiale pseudolitoide.

Pertanto, dette scorie possono essere assimilate, per caratteristiche geotecniche (consistenza e densità), ad "argilloscisti".

Quindi, nella attribuzione dei parametri elastici delle scorie, la cui individuazione è fondamentale per la modellazione numerica, si assumeranno tali valori desunti dalla letteratura¹ (Tab. 1) attribuendo valori diversi per scorie da tempo abbancate da quelle da abbancare nel corso dell'ampliamento della discarica.

¹ Database Geostru:

https://www.geostru.com/Help_Online_2015/MDC/IT/index.html?database_caratteristiche_fisic.htm

Terreno	Valore massimo di E [MPa]	Valore minimo di E [MPa]
Argilla molto molle	15	2
Argilla molle	25	5
Argilla media	51	15
Argilla dura	102	50
Argilla sabbiosa	255	25
Loess	61	15
Sabbia limosa	20	5
Sabbia sciolta	25	10
Sabbia compatta	81	50
Argilloscisto	5100	153
Limo	204	2
Sabbia e ghiaia sciolta	153	51
Sabbia e ghiaia compatte	204	102

Tab. 1

Quindi, cautelativamente, per le scorie già abbancate si assumerà un valore pari al minimo dell'intervallo di variabilità (153MPa = 153.000kPa), mentre per le scorie da abbancare si assumerà un valore inferiore, pari a 120MPa (120.000kPa).

Per quanto riguarda i terreni sottostanti la discarica, essi appartengono ad una formazione costituita da depositi alluvionali antichi e, dal punto di vista geotecnico, sono classificabili come "ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa".

Le caratteristiche geotecniche di tali terreni sono state assunte sulla base delle risultanze di una campagna di indagine geognostica, consistente nell'esecuzione di prove penetrometriche di tipo Standard Penetration Test (SPT), riportate nella tabella seguente (Tab. 2):

Sondaggio	Prof. (m)	SPT	Densità γ (t/m ³)	ϕ secondo Mejrof (")	Coesione drenata (Kg/cm ²)	non Cu	Mod. Bagman/Sanglerat (kg/cm ²)	Edom.
N. 1	21,15 21,60	-	2,16	36,4	1,0		197,41	
N. 2	41,15 41,60	-	2,16	40,27	0,0		598,20	
N. 3	37,15 37,60	-	2,23	42,4	0,0		293,32	
N. 4	33,15 33,60	-	2,19	41,16	0,0		227,32	
N. 5	20,15 20,60	-	2,50	35,57	0,0		598,20	
N. 6	20,15 20,60	-	2,50	35,57	0,0		197,41	

Tab. 2

Cautelativamente, si considererà il valore massimo per il peso dell'unità di volume e il valore minimo per l'angolo d'attrito, assumendo, pertanto, i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- Peso dell'unità di volume $\gamma_{nat} = 2,5t/m^3$
- Angolo d'attrito $\phi = 36^\circ$
- Coesione $c = 0kPa$

Per la determinazione dei moduli elastici delle ghiaie sottostanti, invece, risultano disponibili i valori del modulo elastico desunti da prove penetrometriche dinamiche eseguite in situ, riportati nelle tabelle seguenti, assumendo, per tale litologia, un valore pari alla media dei valori riferiti alle massime profondità ($E = 700kg/cm^2 = 70.000kPa$).

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA										DIN	1			
										Riferimento	011-2025			
Committente Studio Tecnico Associato Trastulli Cantiere Ampliamento discarica Località Terni (TR)										U.M.: kg/cm²	Data exec. 06/02/2025			
										Pagina Elaborato 1	Falda Non rilevata			
PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione		
1	0,00 : 5,00	Media	8	1,53	12	43	46	137	88	2,14	Coes./Gran.			
2	5,00 : 5,40	Media	21	1,53	32	114	102	204	192	5,68	Coes./Gran.			
3	5,40 : 5,60	Media	59	1,53	90	319	287	246	439	15,96	Coes./Gran.			
NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE								
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ²	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	σ "	E' kg/cm ²	Ysat t/m ²	Yd t/m ²	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 5,00	12	0,75	1,92	31	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	56	---
2	5,00 : 5,40	32	2,00	2,10	20	0,55	94	67	36	438	2,06	1,71	410	---
3	5,40 : 5,60	90	5,63	2,10	20	0,55	211	100	45	885	2,24	1,99	1007	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN	2		
SUDDIVISIONE GEOTECNICA											Riferimento	011-2025		
Committente	Studio Tecnico Associato Trastulli										U.M.:	kg/cm ²	Data eseg.	06/02/2025
Cantiere	Ampliamento discarica										Pagina	1		
Località	Terni (TR)										Elaborato		Falda	Non rilevata
PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione		
1	0,00 : 4,60	Media	6	1,53	9	29	33	128	70	1,47	Coes./Gran.			
2	4,60 : 6,20	Media	22	1,53	33	111	106	206	197	5,57	Coes./Gran.			
NATURA COESIVA														
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ²	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	σ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ²	Yd t/m ²	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 4,60	9	0,56	1,89	34	0,92	44	32	30	261	1,92	1,48	50	---
2	4,60 : 6,20	33	2,06	2,10	20	0,55	96	68	37	446	2,07	1,71	420	---

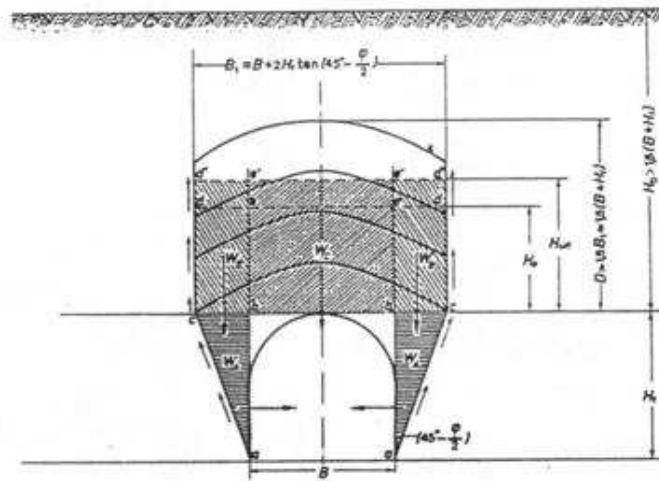
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA											DIN	3		
SUDDIVISIONE GEOTECNICA											Riferimento	011-2025		
Committente	Studio Tecnico Associato Trastulli										U.M.:	kg/cm ²	Data eseg.	06/02/2025
Cantiere	Ampliamento discarica										Pagina	1		
Località	Terni (TR)										Elaborato		Falda	Non rilevata
PARAMETRI GENERALI														
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione		
1	0,00 : 3,80	Media	5	1,53	7	26	30	118	57	1,31	Coes./Gran.			
2	3,80 : 4,80	Media	15	1,53	23	80	76	170	147	4,00	Coes./Gran.			
3	4,80 : 5,20	Media	48	1,53	73	260	234	233	371	12,98	Coes./Gran.			
NATURA COESIVA														
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ²	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	σ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ²	Yd t/m ²	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 3,80	7	0,44	1,86	36	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	45	---
2	3,80 : 4,80	23	1,44	2,06	23	0,61	75	55	34	369	2,01	1,62	317	---
3	4,80 : 5,20	73	4,56	2,10	20	0,55	177	94	44	754	2,20	1,93	832	---

Approccio teorico

I terreni e le scorie costituenti gli strati insistenti sulla galleria possono, essere assimilati a rocce "incompetenti", incapaci di autosostenersi.

In tali materiali, lo spessore della colonna di terreno effettivamente gravante sulla calotta della galleria può essere valutato tenendo conto dell'"effetto arco".

Come riportato nella letteratura di riferimento², tale effetto si manifesta allorché lo spessore della copertura al di sopra della galleria (H_0) risulti maggiore di 1,5 volte la somma delle dimensioni trasversali della galleria, come mostrato nell'immagine seguente:



Nel caso in esame, la galleria ha una larghezza B pari a 18m e un'altezza H_t pari a 10m, per cui risulta:

$$H_0 = 100\text{m} > 1,5 (B + H_t) = 42\text{m}$$

Lo spessore di terreno effettivamente gravante sulla calotta varia, in caso di rocce molto fratturate tra H_{\min} e H_{ult} , dove:

- $H_{\min} = 0 \div 0,6 (H_t + B) = 0 \div 16,8\text{m}$
- $H_{\text{ult}} = 0,35 B \div 1,1 (H_t + B) = 6,3 \div 30,8\text{m}$

Da quanto sopra, è evidente che gli incrementi di carico rappresentati dall'ampliamento della discarica, essendo applicati ad un'altezza largamente superiore a H_{ult} , non avranno alcuna influenza sulla galleria in termini di incremento dello stato tensionale.

² Ippolito F (1985): GEOLOGIA TECNICA per ingegneri e geologi (ISED)

Approccio numerico

Al fine di valutare l'eventuale influenza del sovraccarico rappresentato dall'ampliamento della discarica, è stata implementata una simulazione attraverso un software agli elementi finiti.

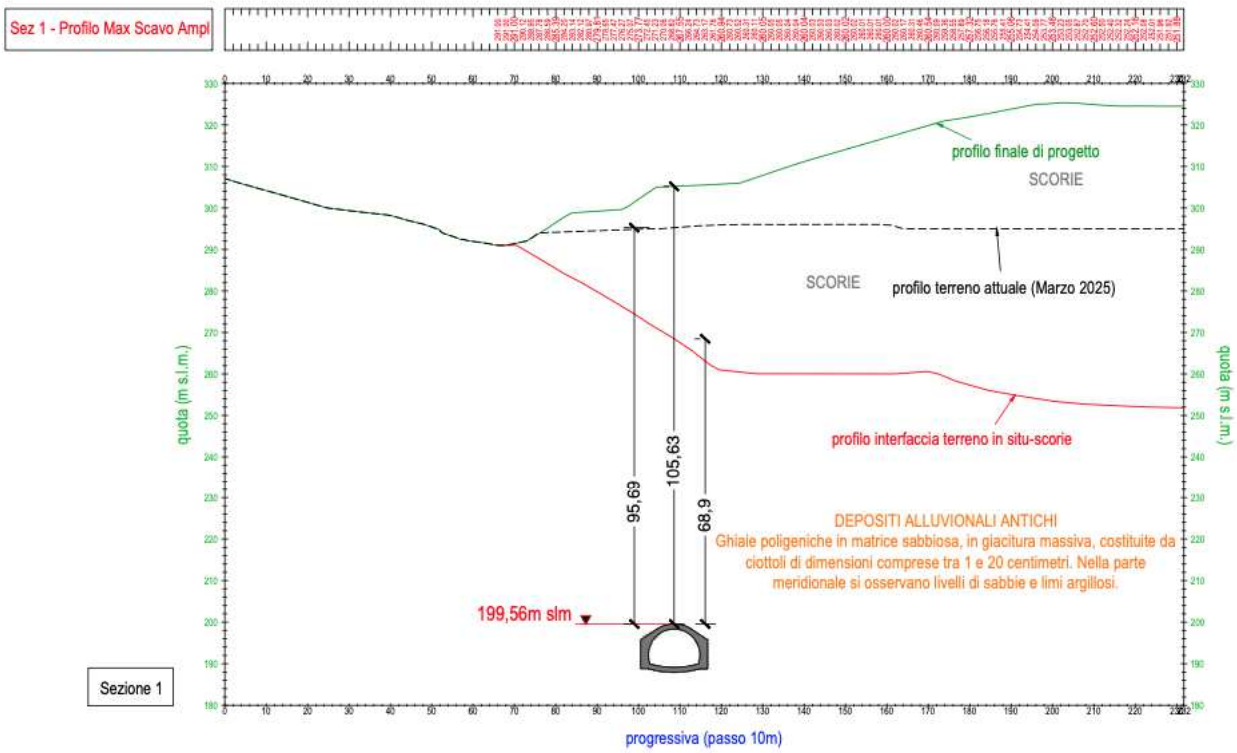
A tale scopo, è stato utilizzato il software denominato "GFAS", prodotto e distribuito dalla software house Geostru.

GFAS è un software basato sulla risoluzione di metodi agli elementi finiti, sviluppato principalmente per condurre sia l'analisi delle deformazioni sia l'analisi di stabilità, fondamentali per la risoluzione dei problemi tipici dell'ingegneria geotecnica che consente di effettuare analisi lineari e non di mezzi omogenei o eterogenei in cui il modello del suolo viene utilizzato per simulare il comportamento dei terreni.

Il software è caratterizzato da un'interfaccia grafica completa per la pre-elaborazione o post-elaborazione, risolvendo metodi agli elementi finiti (FEM) per solidi bidimensionali. L'interfaccia grafica permette una rapida generazione di modelli complessi agli elementi finiti.

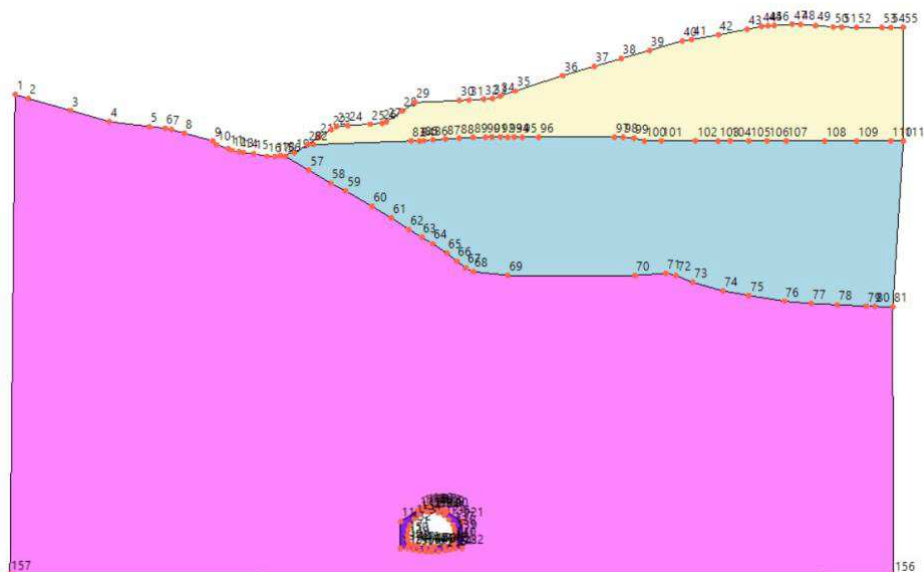
GFAS consente la costruzione di geometrie complesse e l'analisi può essere eseguita in step differenti per ciascuna fase di costruzione. Infatti, l'intera procedura di analisi è sviluppata per consentire all'utente di creare un modello per fasi di costruzione multiple. In questo modo si possono condurre analisi complesse come quelle relative agli scavi, rilevati o costruzioni. Inoltre, ad ogni fase, l'utente ha la possibilità di modificare la pressione neutra, attivare o disattivare gli ancoraggi, gli elementi lineari, le geogriglie oppure le condizioni al contorno a differenti regioni, tutto questo per migliorare la precisione dei risultati che si vogliono raggiungere. La costruzione per fasi consente inoltre di attivare o disattivare i carichi gravitazionali e selezionare le singole componenti del modello come ancoraggi, elementi lineari, geogriglie, carichi, etc. Durante l'analisi per fasi, i carichi vengono incrementati da 0 a 1. Appena il parametro del carico raggiunge il valore di 1.0, gli step della fase corrente sono terminati e si passa quindi alla fase di costruzione successiva.

L'analisi è stata condotta con riferimento alla sezione 1, ritenuta rappresentativa per la situazione in esame.



Un'opportuna modellazione del dominio è il presupposto essenziale per un'accurata analisi agli elementi finiti ed è per questo che la generazione della mesh assume un'importanza fondamentale nel metodo agli elementi finiti.

Il reticolo di elementi triangolari è stato generato dal software a partire dai dati riportati qui di seguito.



Di seguito sono riportati i materiali per il terreno e quelli trave-pilastro utilizzati nella creazione del progetto. La tabella dei materiali relativi al terreno è stata suddivisa in tre sottotabelle (una per le costanti elastiche, una per le proprietà di resistenza e una per le proprietà idrauliche) per rendere più agevole la consultazione dei dati.

Materiali terreno

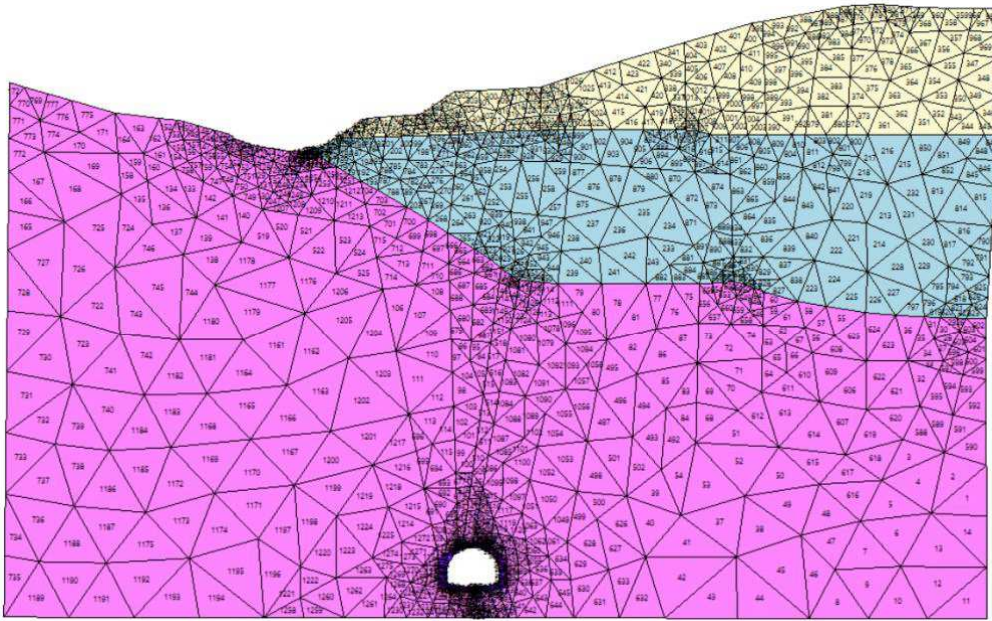
Costanti elastiche

ID	Nome	Colore	Modulo elastico [kPa]	Coefficiente di Poisson	Spessore [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Coefficiente di spinta a riposo K0	Massa Rayleigh	Rigidezza Rayleigh	GMax [kPa]	G0 [kPa]	Rapporto smorzamento [%]	Onde di taglio VS [m/s]	Onde di compressione VP [m/s]	Proprietà dinamiche
1	Scorie 1		120000	0.3	10	20	1	0	0	3846.153	3846.153	0.02	240	240	Idriss (1990) Rock
2	Scorie 2		153000	0.3	10	20	1	0	0	3846.153	3846.153	0.02	240	240	Idriss (1990) Rock
3	Depositi alluvionali		70000	0.3	10	22	1	0	0	0	0	0	0	0	Idriss (1990) Rock
4	CLS		3000000	0.3	10	25	1	0	0	0	0	0	0	0	Idriss (1990) Rock

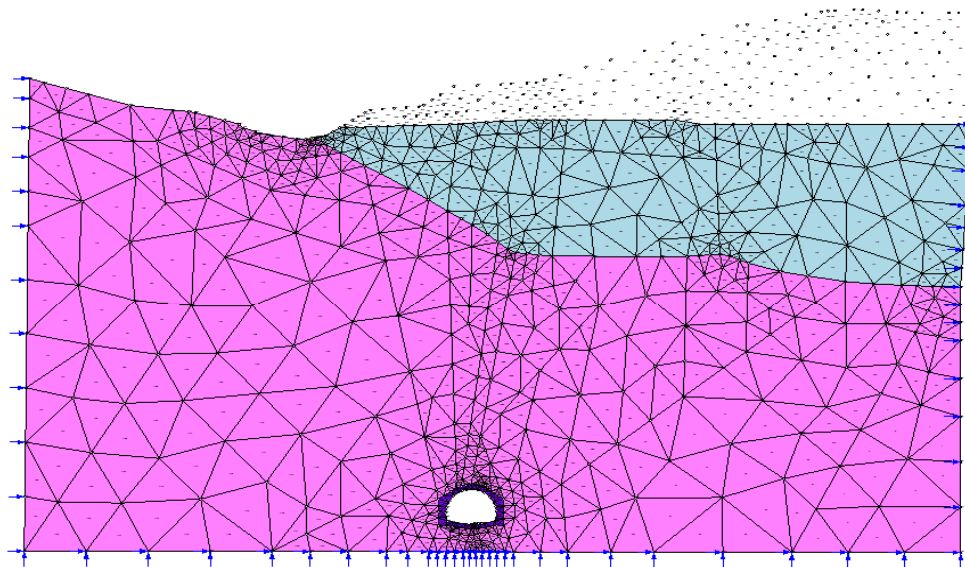
Proprietà resistenza

ID	Nome	Colore	Coesione non drenata [kN/m ²]	Coesione [kN/m ²]	Angolo di attrito [°]	Angolo di dilatanza [°]	Criterio di rottura
1	Scorie 1		0	33	37	0	Mohr_Coulomb
2	Scorie 2		0	33	37	0	Mohr_Coulomb
3	Depositi alluvionali		0	0	36	0	Mohr_Coulomb
4	CLS		0	100000	45	0	EquivalentElastic

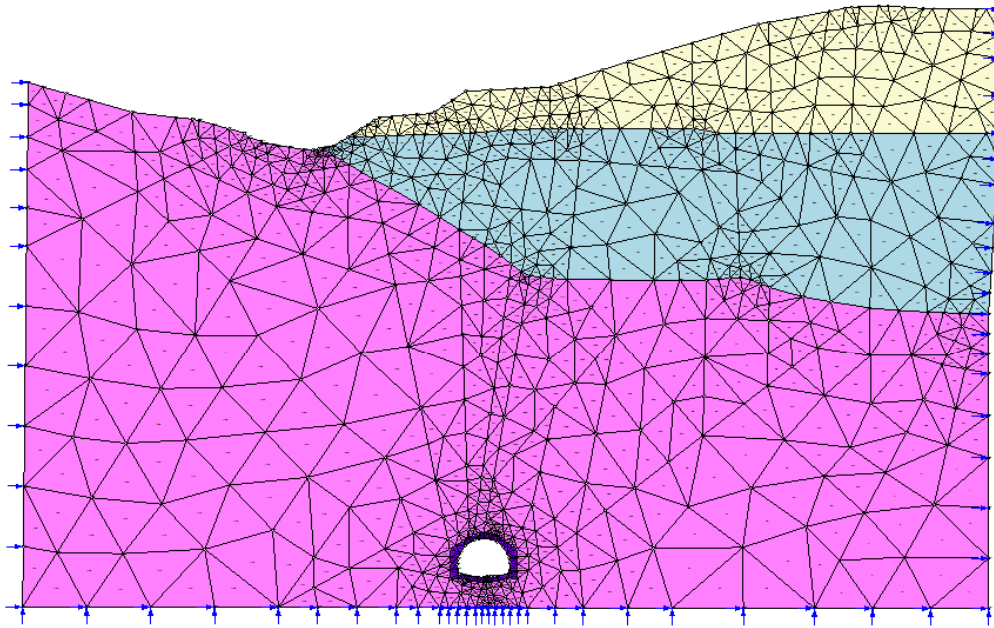
I dati inseriti per la generazione della mesh non strutturata hanno prodotto il reticolo di calcolo, costituito da 1281 elementi, mostrato nell'immagine seguente.



Nel caso in esame, è stata effettuata un'analisi per fasi: una prima fase (consolidata drenata), seguita da una seconda fase, nella quale viene valutato l'effetto del sovraccarico indotto dall'ampliamento della discarica, come mostrato nelle immagini seguenti.

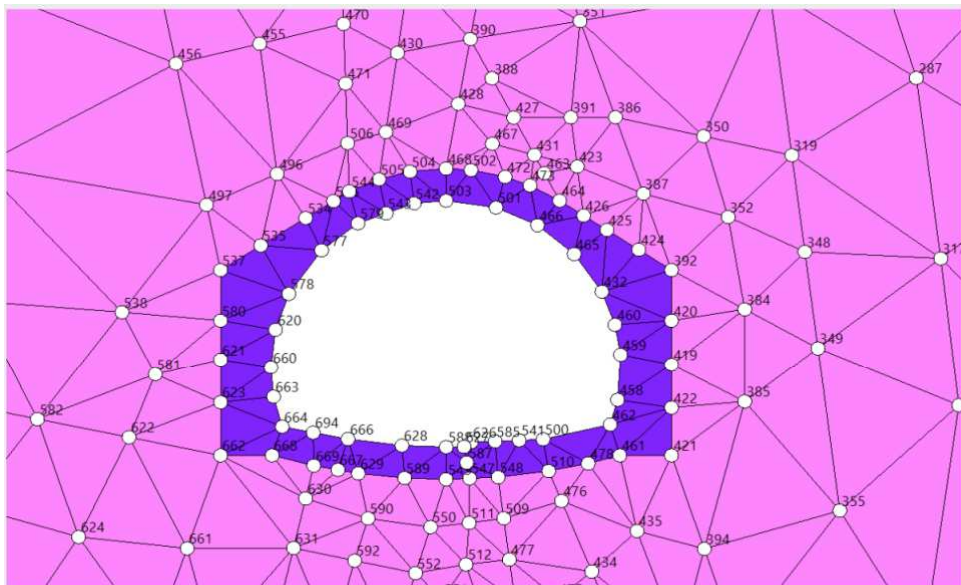


Fase 1



Fase 2

Nell'immagine seguente è mostrata la numerazione dei nodi del reticolo all'intorno della galleria, al fine di consentire un confronto tra lo stato di sollecitazione esistente prima della realizzazione dell'ampliamento (fase 1) e quello successivo (fase 2).



Si riportano di seguito, in forma tabellare, i risultati ottenuti per gli stati tensionali (nelle tre direzioni spaziali X,Y,Z e nelle direzioni principali di tensione 1 e 2) nei nodi corrispondenti all'estradosso della galleria nella fase 1 e nella fase 2 (per convenzione, le tensioni di compressione sono negative).

FASE 1						
Nodo	Sigma X [kPa]	Sigma Y [kPa]	Sigma XY [kPa]	Sigma Z [kPa]	Sigma 1 [kPa]	Sigma 2 [kPa]
537	-87,0979	-172,3774	35,1750	-77,8426	-66,9619	-192,5134
535	-80,4346	-243,2600	31,1688	-97,1084	-74,6236	-249,0711
534	-71,0733	-244,2943	29,5922	-94,6103	-66,1557	-249,2120
536	-77,7348	-258,9487	28,9632	-101,0051	-73,1920	-263,4915
544	-90,2391	-272,4813	23,6081	-108,8161	-86,9395	-275,7809
505	-101,2688	-276,6033	12,7191	-113,3616	-100,2411	-277,6309
504	-122,2600	-291,3940	-0,3286	-124,0962	-122,0330	-291,6210
468	-118,0546	-295,3958	1,2085	-124,0351	-117,7099	-295,7404
502	-128,0884	-300,5099	3,2351	-128,5795	-127,8518	-300,7465
472	-105,2904	-287,2033	-6,3632	-117,7481	-105,0256	-287,4681
473	-92,7166	-279,9622	-15,8980	-111,8036	-91,1673	-281,5115
464	-82,0978	-264,5163	-23,1362	-103,9842	-79,0898	-267,5242
426	-76,5675	-246,4447	-29,2671	-96,9037	-71,6246	-251,3877
425	-73,5430	-234,0053	-32,4686	-92,2645	-67,2181	-240,3302
424	-75,2199	-232,4054	-33,5756	-92,2876	-68,3445	-239,2808
392	-86,5921	-174,6460	-36,1446	-78,3714	-65,7245	-195,5136

FASE 2						
Nodo	Sigma X [kPa]	Sigma Y [kPa]	Sigma XY [kPa]	Sigma Z [kPa]	Sigma 1 [kPa]	Sigma 2 [kPa]
537	-90,2802	-180,3883	33,0687	-81,2005	-70,1938	-200,4747
535	-82,8295	-259,4634	28,8020	-102,6878	-78,1561	-264,1367
534	-73,3270	-263,7506	27,3490	-101,1233	-69,4742	-267,6034
536	-78,7668	-281,9480	24,7096	-108,2144	-75,7589	-284,9558
544	-88,2032	-296,5922	17,5398	-115,4386	-86,3923	-298,4031
505	-102,9422	-303,6985	4,2103	-121,9922	-102,6833	-303,9574
504	-129,2995	-321,9285	-11,7318	-135,3684	-128,3064	-322,9215
468	-130,8940	-326,6383	-10,9686	-137,2597	-129,9295	-327,6028
502	-146,3644	-331,8893	-9,2368	-143,4761	-145,7372	-332,5165
472	-126,0238	-318,6056	-18,1402	-133,3888	-124,3070	-320,3224
473	-115,1507	-311,0070	-26,6142	-127,8473	-111,4241	-314,7337
464	-104,7363	-296,2295	-33,2094	-120,2898	-99,0382	-301,9276
426	-96,6371	-278,3772	-38,6001	-112,5043	-88,7584	-286,2559
425	-93,0800	-267,1907	-40,7931	-108,0812	-83,9921	-276,2786
424	-94,5787	-265,5289	-41,9873	-108,0323	-84,8190	-275,2885
392	-103,2093	-200,3809	-46,2951	-91,0771	-76,5443	-227,0459

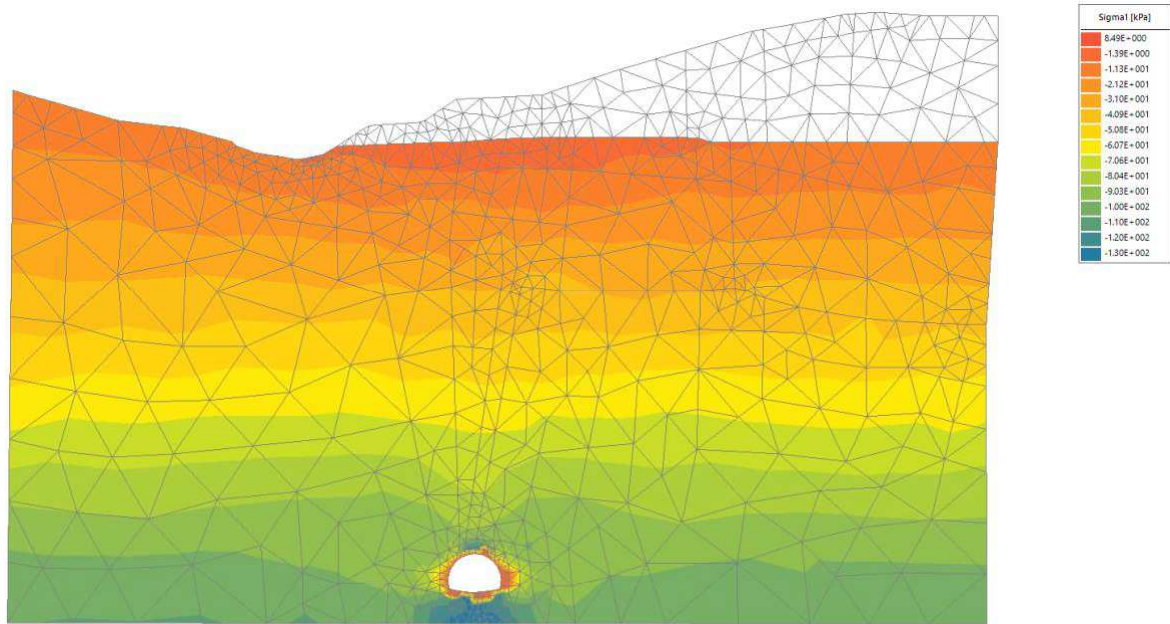
Nella tabella seguente si riportano le variazioni dello stato tensionale per i nodi corrispondenti all'estradosso della galleria:

Confronto FASE 1 - FASE 2						
Nodo	Δ Sigma X [kPa]	Δ Sigma Y [kPa]	Δ Sigma XY [kPa]	Δ Sigma Z [kPa]	Δ Sigma 1 [kPa]	Δ Sigma 2 [kPa]
537	-3,1823	-8,0109	-2,1063	-3,3579	-3,2319	-7,9613
535	-2,3949	-16,2034	-2,3668	-5,5794	-3,5325	-15,0656
534	-2,2537	-19,4563	-2,2432	-6,5130	-3,3185	-18,3914
536	-1,0320	-22,9993	-4,2536	-7,2093	-2,5669	-21,4643
544	2,0359	-24,1109	-6,0683	-6,6225	0,5472	-22,6222
505	-1,6734	-27,0952	-8,5088	-8,6306	-2,4422	-26,3265
504	-7,0395	-30,5345	-11,4032	-11,2722	-6,2734	-31,3005
468	-12,8394	-31,2425	-12,1771	-13,2246	-12,2196	-31,8624
502	-18,2760	-31,3794	-12,4719	-14,8966	-17,8854	-31,7700
472	-20,7334	-31,4023	-11,7770	-15,6407	-19,2814	-32,8543
473	-22,4341	-31,0448	-10,7162	-16,0437	-20,2568	-33,2222
464	-22,6385	-31,7132	-10,0732	-16,3056	-19,9484	-34,4034
426	-20,0696	-31,9325	-9,3330	-15,6006	-17,1338	-34,8682
425	-19,5370	-33,1854	-8,3245	-15,8167	-16,7740	-35,9484
424	-19,3588	-33,1235	-8,4117	-15,7447	-16,4745	-36,0077
392	-16,6172	-25,7349	-10,1505	-12,7057	-10,8198	-31,5323

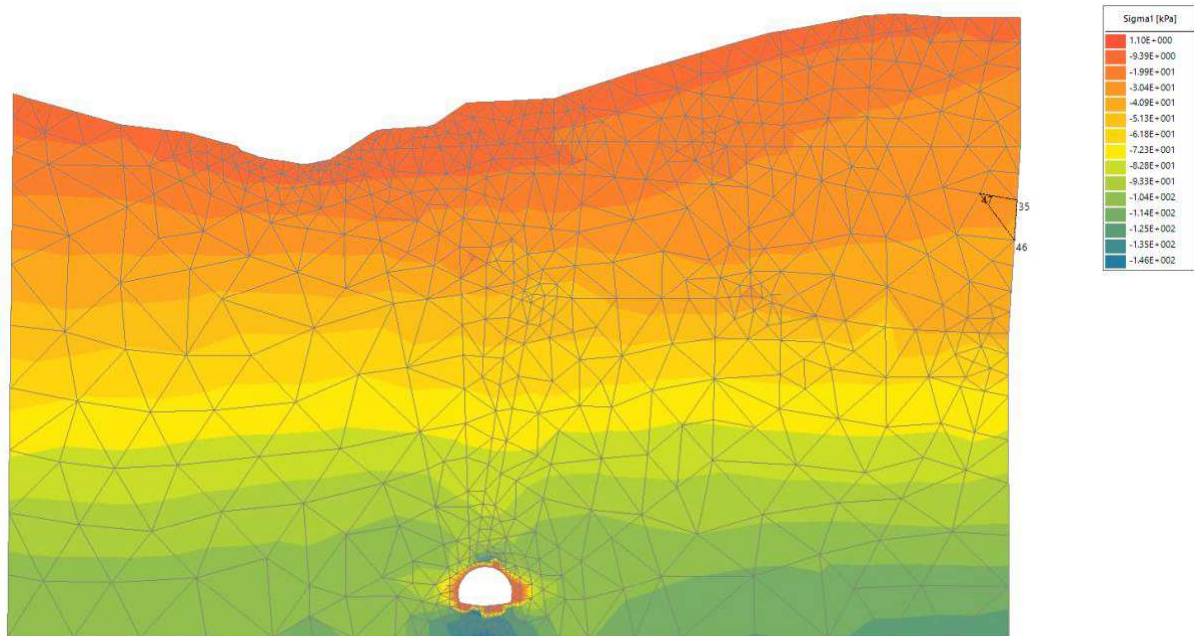
Come può evincersi, gli incrementi dello stato tensionale principale (Sigma 1) in corrispondenza dell'estradosso risultano molto contenuti, con un valore massimo di circa 20kPa (0,20kg/cm²) nel nodo n. 473.

Nei grafici seguenti è mostrato l'andamento dello stato tensionale Sigma1 (tensione principale massima) relativo alle due fasi analizzate.

Stato tensionale (Sigma 1) – Fase 1

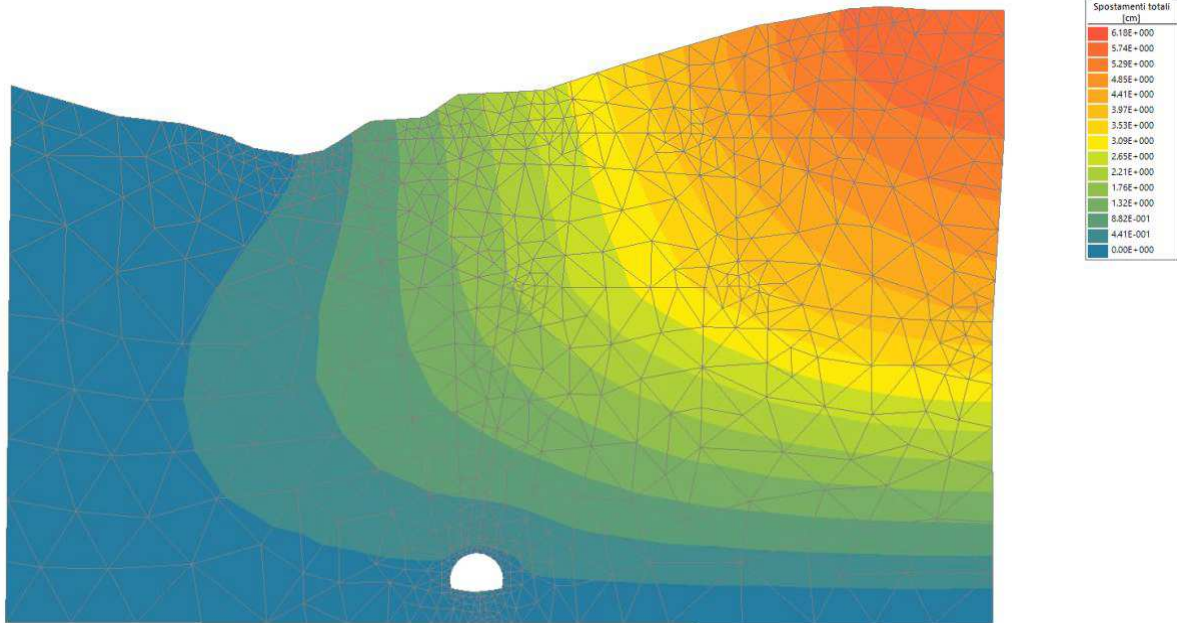


Stato tensionale (Sigma 1) – Fase 2

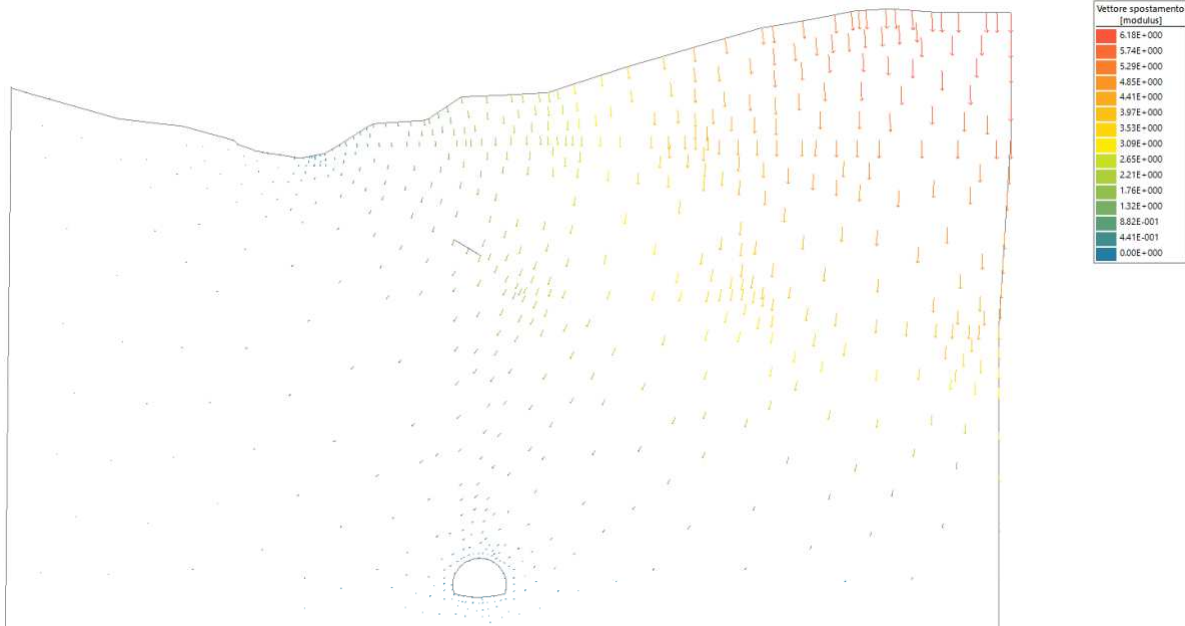


Nei grafici seguenti è mostrato l'andamento degli spostamenti indotti dal carico rappresentato dall'ampliamento della discarica; può evincersi come gli spostamenti tendano pressoché ad esaurirsi molto prima della galleria.

Spostamenti



Vettori spostamento



Conclusioni

L'approccio teorico ha dimostrato come, in virtù dell'effetto arco, i carichi trasmessi alla galleria siano risentiti solo entro uno spessore stimato in circa 30m (H_{ult}) al di sopra della calotta della galleria.

Affinché si verifichi l'effetto arco, è necessario che sia verificata la relazione:

$$H_0 > 1,5 (B + H_t)$$

con H_0 spessore dello strato di terreno al di sopra della calotta, in questo caso mediamente compreso tra 100m e 115m

Nel caso in esame, dato che la galleria ha una larghezza B pari a 18m e un'altezza H_t pari a 10m, risulta:

$$H_0 = 100m > 1,5 (B + H_t) = 42m$$

Per cui la condizione necessaria per l'innesco dell'effetto arco risulta soddisfatta.

L'approccio numerico agli elementi finiti ha confermato la sostanziale assenza di influenza del sovraccarico rappresentato dall'aumento della dimensione della discarica sullo stato tensionale al contorno della galleria.

Gli incrementi dello stato tensionale principale (Σ_1), infatti, sono risultati, nei punti di massima sollecitazione, dell'ordine dei 20kPa (0,20kg/cm²), e quindi, da ritenersi del tutto trascurabili, se confrontati con le normali tensioni di esercizio del calcestruzzo (dell'ordine dei 200-300kg/cm²).

Viene, pertanto, confermata la correttezza dell'approccio.

Sulla base dei risultati ottenuti, sia attraverso l'approccio teorico che attraverso l'approccio numerico, può, pertanto, concludersi che l'ampliamento della discarica per rifiuti pericolosi sita in loc. "Valle" del Comune di Terni non eserciti alcuna significativa influenza, in termini di incremento dello stato di sollecitazione, sulla sottostante galleria "Tescino Sud".

03 ottobre 2025

Il Consulente Tecnico-Scientifico

Prof. Ing. Maurizio Ponte





PROGETTO DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA PER RIFIUTI PERICOLOSI SITA IN LOC. "VALLE" DEL COMUNE DI TERNI DI PROPRIETA' ARVEDI-ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
PROGETTO DEFINITIVO

Raggruppamento Temporaneo Professionisti:
 Sando Trastulli geologo
 Geol. Paolo Carcasio
 Ing. Leonardo Malagò

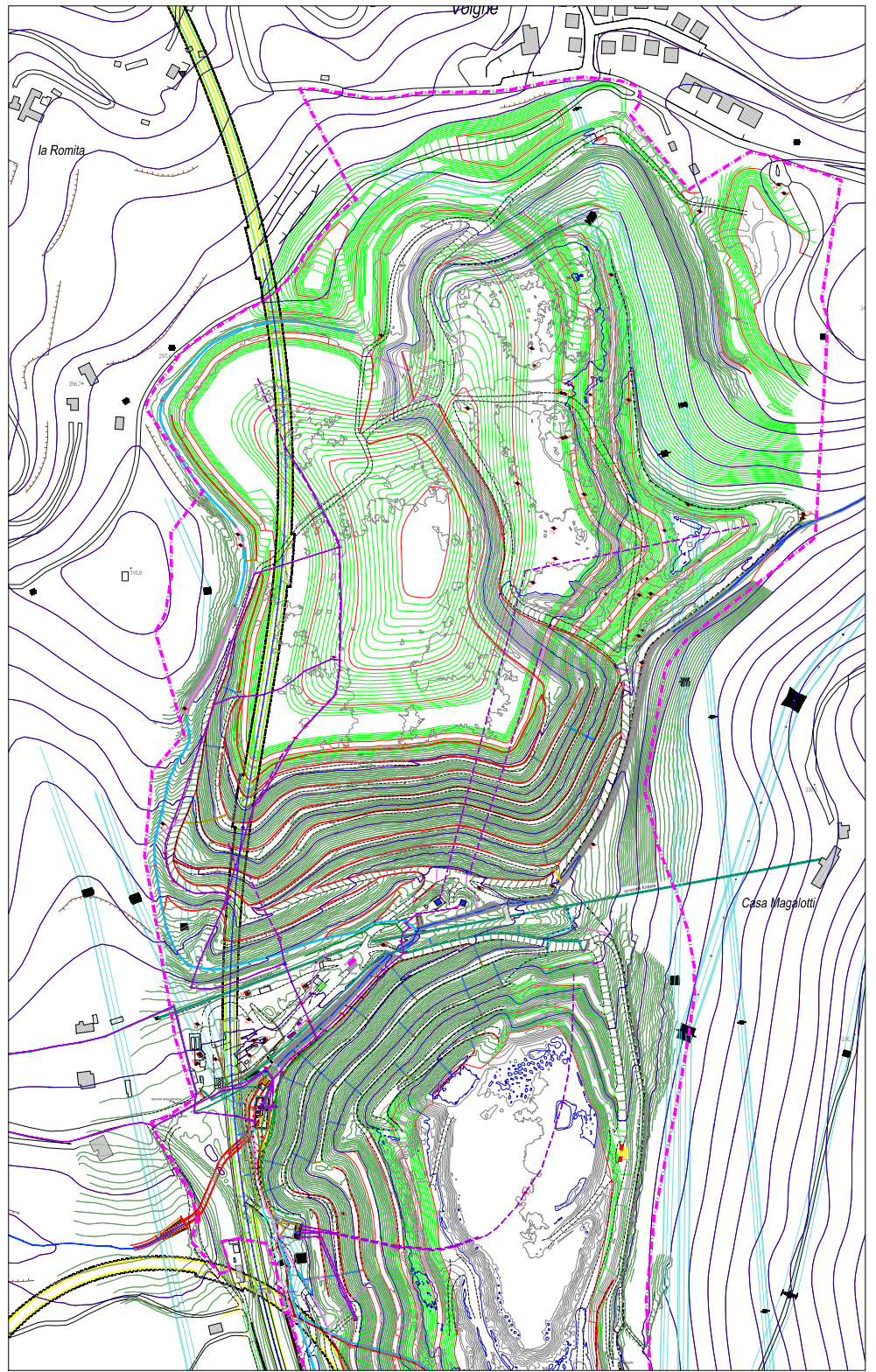
SGI Green Solutions
 SGI Ingegneria S.r.l.
 Via Felice Giusti, 30 - 44122 FERRARA (FR)
 Telefono: 0532770008 - Telefax: 0532775279
 e-mail: info@sgisolutions.it
 www.sgisolutions.it

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI FERRARA
 n. 10755-10756
 dott. ing. Leonardo MALAGÒ

ORDINE DEI GEOMETRI DELLA PROVINCIA DI FERRARA
 n. 10755-10756
 dott. ing. Paolo CARCASIO

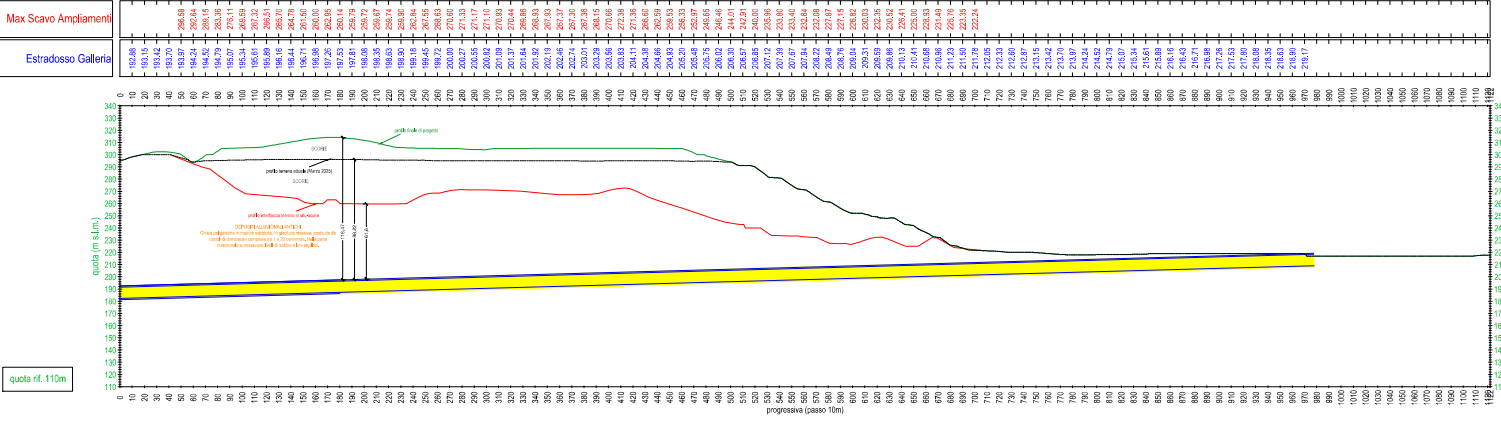
PROFILO LONGITUDINALE GALLERIA TESCINO SUD	TAVOLA
	1
DATA EMISSIONE	SCALA
SETTEMBRE 2025	1:2.000

Elaborazione: Sando Trastulli, Paolo Carcasio, Leonardo Malagò. Disegno: Sando Trastulli, Paolo Carcasio, Leonardo Malagò. Verifica: Sando Trastulli, Paolo Carcasio, Leonardo Malagò.



LEGENDA

- Perimetro AIA impianto discarica (62 Ha 11 are 37 ca)
- Curve di livello direttrici (passo 10m)
- Curve di livello normali (passo 1m)
- Curve di livello aggiuntive (passo 0.5m)
- Viabilità interna alla discarica
- Recinzione
- Curve di livello direttrici di progetto (passo 10m)
- Curve di livello normali di progetto (passo 1m)



27 Maggio 2025	298.17	298.12	298.07	298.02	297.97	297.92	297.87	297.82	297.77	297.72	297.67	297.62	297.57	297.52	297.47	297.42	297.37	297.32	297.27	297.22	297.17	297.12	297.07	297.02	296.97	296.92	296.87	296.82	296.77	296.72	296.67	296.62	296.57	296.52	296.47	296.42	296.37	296.32	296.27	296.22	296.17	296.12	296.07	296.02	295.97	295.92	295.87	295.82	295.77	295.72	295.67	295.62	295.57	295.52	295.47	295.42	295.37	295.32	295.27	295.22	295.17	295.12	295.07	295.02	294.97	294.92	294.87	294.82	294.77	294.72	294.67	294.62	294.57	294.52	294.47	294.42	294.37	294.32	294.27	294.22	294.17	294.12	294.07	294.02	293.97	293.92	293.87	293.82	293.77	293.72	293.67	293.62	293.57	293.52	293.47	293.42	293.37	293.32	293.27	293.22	293.17	293.12	293.07	293.02	292.97	292.92	292.87	292.82	292.77	292.72	292.67	292.62	292.57	292.52	292.47	292.42	292.37	292.32	292.27	292.22	292.17	292.12	292.07	292.02	291.97	291.92	291.87	291.82	291.77	291.72	291.67	291.62	291.57	291.52	291.47	291.42	291.37	291.32	291.27	291.22	291.17	291.12	291.07	291.02	290.97	290.92	290.87	290.82	290.77	290.72	290.67	290.62	290.57	290.52	290.47	290.42	290.37	290.32	290.27	290.22	290.17	290.12	290.07	290.02	289.97	289.92	289.87	289.82	289.77	289.72	289.67	289.62	289.57	289.52	289.47	289.42	289.37	289.32	289.27	289.22	289.17	289.12	289.07	289.02	288.97	288.92	288.87	288.82	288.77	288.72	288.67	288.62	288.57	288.52	288.47	288.42	288.37	288.32	288.27	288.22	288.17	288.12	288.07	288.02	287.97	287.92	287.87	287.82	287.77	287.72	287.67	287.62	287.57	287.52	287.47	287.42	287.37	287.32	287.27	287.22	287.17	287.12	287.07	287.02	286.97	286.92	286.87	286.82	286.77	286.72	286.67	286.62	286.57	286.52	286.47	286.42	286.37	286.32	286.27	286.22	286.17	286.12	286.07	286.02	285.97	285.92	285.87	285.82	285.77	285.72	285.67	285.62	285.57	285.52	285.47	285.42	285.37	285.32	285.27	285.22	285.17	285.12	285.07	285.02	284.97	284.92	284.87	284.82	284.77	284.72	284.67	284.62	284.57	284.52	284.47	284.42	284.37	284.32	284.27	284.22	284.17	284.12	284.07	284.02	283.97	283.92	283.87	283.82	283.77	283.72	283.67	283.62	283.57	283.52	283.47	283.42	283.37	283.32	283.27	283.22	283.17	283.12	283.07	283.02	282.97	282.92	282.87	282.82	282.77	282.72	282.67	282.62	282.57	282.52	282.47	282.42	282.37	282.32	282.27	282.22	282.17	282.12	282.07	282.02	281.97	281.92	281.87	281.82	281.77	281.72	281.67	281.62	281.57	281.52	281.47	281.42	281.37	281.32	281.27	281.22	281.17	281.12	281.07	281.02	280.97	280.92	280.87	280.82	280.77	280.72	280.67	280.62	280.57	280.52	280.47	280.42	280.37	280.32	280.27	280.22	280.17	280.12	280.07	280.02	279.97	279.92	279.87	279.82	279.77	279.72	279.67	279.62	279.57	279.52	279.47	279.42	279.37	279.32	279.27	279.22	279.17	279.12	279.07	279.02	278.97	278.92	278.87	278.82	278.77	278.72	278.67	278.62	278.57	278.52	278.47	278.42	278.37	278.32	278.27	278.22	278.17	278.12	278.07	278.02	277.97	277.92	277.87	277.82	277.77	277.72	277.67	277.62	277.57	277.52	277.47	277.42	277.37	277.32	277.27	277.22	277.17	277.12	277.07	277.02	276.97	276.92	276.87	276.82	276.77	276.72	276.67	276.62	276.57	276.52	276.47	276.42	276.37	276.32	276.27	276.22	276.17	276.12	276.07	276.02	275.97	275.92	275.87	275.82	275.77	275.72	275.67	275.62	275.57	275.52	275.47	275.42	275.37	275.32	275.27	275.22	275.17	275.12	275.07	275.02	274.97	274.92	274.87	274.82	274.77	274.72	274.67	274.62	274.57	274.52	274.47	274.42	274.37	274.32	274.27	274.22	274.17	274.12	274.07	274.02	273.97	273.92	273.87	273.82	273.77	273.72	273.67	273.62	273.57	273.52	273.47	273.42	273.37	273.32	273.27	273.22	273.17	273.12	273.07	273.02	272.97	272.92	272.87	272.82	272.77	272.72	272.67	272.62	272.57	272.52	272.47	272.42	272.37	272.32	272.27	272.22	272.17	272.12	272.07	272.02	271.97	271.92	271.87	271.82	271.77	271.72	271.67	271.62	271.57	271.52	271.47	271.42	271.37	271.32	271.27	271.22	271.17	271.12	271.07	271.02	270.97	270.92	270.87	270.82	270.77	270.72	270.67	270.62	270.57	270.52	270.47	270.42	270.37	270.32	270.27	270.22	270.17	270.12	270.07	270.02	269.97	269.92	269.87	269.82	269.77	269.72	269.67	269.62	269.57	269.52	269.47	269.42	269.37	269.32	269.27	269.22	269.17	269.12	269.07	269.02	268.97	268.92	268.87	268.82	268.77	268.72	268.67	268.62	268.57	268.52	268.47	268.42	268.37	268.32	268.27	268.22	268.17	268.12	268.07	268.02	267.97	267.92	267.87	267.82	267.77	267.72	267.67	267.62	267.57	267.52	267.47	267.42	267.37	267.32	267.27	267.22	267.17	267.12	267.07	267.02	266.97	266.92	266.87	266.82	266.77	266.72	266.67	266.62	266.57	266.52	266.47	266.42	266.37	266.32	266.27	266.22	266.17	266.12	266.07	266.02	265.97	265.92	265.87	265.82	265.77	265.72	265.67	265.62	265.57	265.52	265.47	265.42	265.37	265.32	265.27	265.22	265.17	265.12	265.07	265.02	264.97	264.92	264.87	264.82	264.77	264.72	264.67	264.62	264.57	264.52	264.47	264.42	264.37	264.32	264.27	264.22	264.17	264.12	264.07	264.02	263.97	263.92	263.87	263.82	263.77	263.72	263.67	263.62	263.57	263.52	263.47	263.42	263.37	263.32	263.27	263.22	263.17	263.12	263.07	263.02	262.97	262.92	262.87	262.82	262.77	262.72	262.67	262.62	262.57	262.52	262.47	262.42	262.37	262.32	262.27	262.22	262.17	262.12	262.07	262.02	261.97	261.92	261.87	261.82	261.77	261.72	261.67	261.62	261.57	261.52	261.47	261.42	261.37	261.32	261.27	261.22	261.17	261.12	261.07	261.02	260.97	260.92	260.87	260.82	260.77	260.72	260.67	260.62	260.57	260.52	260.47	260.42	260.37	260.32	260.27	260.22	260.17	260.12	260.07	260.02	259.97	259.92	259.87	259.82	259.77	259.72	259.67	259.62	259.57	259.52	259.47	259.42	259.37	259.32	259.27	259.22	259.17	259.12	259.07	259.02	258.97	258.92	258.87	258.82	258.77	258.72	258.67	258.62	258.57	258.52	258.47	258.42	258.37	258.32	258.27	258.22	258.17	258.12	258.07	258.02	257.97	257.92	257.87	257.82	257.77	257.72	257.67	257.62	257.57	257.52	257.47	257.42	257.37	257.32	257.27	257.22	257.17	257.12	257.07	257.02	256.97	256.92	256.87	256.82	256.77	256.72	256.67	256.62	256.57	256.52	256.47	256.42	256.37	256.32	256.27	256.22	256.17	256.12	256.07	256.02	255.97	255.92	255.87	255.82	255.77	255.72	255.67	255.62	255.57	255.52	255.47	255.42	255.37	255.32	255.27	255.22	255.17	255.12	255.07	255.02	254.97	254.92	254.87	254.82	254.77	254.72	254.67	254.62	254.57	254.52	254.47	254.42	254.37	254.32	254.27	254.22	254.17	254.12	254.07	254.02	253.97	253.92	253.87	253.82	253.77	253.72	253.67	253.62	253.57	253.52	253.47	253.42	253.37	253.32	253.27	253.22	253.17	253.12	253.07	253.02	252.97	252.92	252.87	252.82	252.77	252.72	252.67	
----------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--

