

I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

**AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008**

**Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Pagina 2 di 3)**

Data arrivo campione: 16/12/2019 Data esecuzione prova: 16/12/2019 Pagine Certificato : 7 di 8
Verbale Accettazione: 723 Certificato numero : 3976 Data Certificato : 18/12/2019

INDAGINE :

COMPLETAMENTO DELLA RETE DI COLLETTAMENTO DEL CAPOLUOGO E LOC. SCOPPOLISE E REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE A FANGHI ATTIVI DA 2.200 A.E. IN LOC. VALLE DEI MULINI DEL COMUNE DI PENTONE (CZ) - prove di laboratorio.

COMMITTENTE : Dott. Geol. Ezio Infelise

ORIGINALE

SONDAGGIO: 1 Campione : 1 PROFONDITA' : m 0,50 - 1,40

DATI SPERIMENTALI REGISTRATI IN FASE DI ROTTURA DEI PROVINI

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)	ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)	ΔH verticale (mm)	ΔX orizzontale (mm)	τ (kPa)
0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
0,016	0,11	23,41	0,004	0,27	19,29	0,035	0,13	49,58
0,042	0,36	33,42	0,036	0,48	38,90	0,077	0,35	79,46
0,063	0,59	40,20	0,077	0,69	58,47	0,108	0,59	105,89
0,084	0,83	46,24	0,113	0,92	71,02	0,129	0,81	127,14
0,100	1,06	50,80	0,141	1,14	81,12	0,146	1,03	142,69
0,105	1,30	54,33	0,161	1,37	88,87	0,156	1,26	155,99
0,110	1,53	57,13	0,176	1,60	95,02	0,163	1,45	166,53
0,110	1,76	59,34	0,186	1,83	100,56	0,167	1,67	174,64
0,116	2,00	61,25	0,194	2,07	105,49	0,169	1,89	181,21
0,116	2,23	63,46	0,198	2,30	109,67	0,167	2,12	186,74
0,116	2,46	64,79	0,200	2,53	113,36	0,165	2,35	191,40
0,116	2,70	66,41	0,200	2,77	116,69	0,161	2,57	195,72
0,116	2,94	68,03	0,198	2,98	119,64	0,156	2,78	198,48
0,110	3,17	69,21	0,200	3,22	122,60	0,161	3,02	199,35
0,110	3,40	70,38	0,196	3,47	125,30	0,161	3,26	202,97
0,100	3,62	71,41	0,188	3,68	127,89	0,161	3,50	204,36
0,095	3,85	72,15	0,180	3,91	130,72	0,163	3,72	206,77
0,084	4,08	72,89	0,176	4,15	133,30	0,161	3,98	208,85
0,079	4,31	73,62	0,164	4,38	135,27	0,156	4,22	210,75
0,068	4,54	73,77	0,155	4,62	136,38	0,154	4,45	211,78
0,058	4,77	74,06	0,143	4,85	137,61	0,150	4,68	213,68
0,053	5,00	74,36	0,133	5,08	138,84	0,146	4,93	215,41
0,042	5,23	74,36	0,119	5,32	138,84	0,142	5,17	215,41
0,037	5,46	74,36	0,105	5,56	138,84	0,138	5,40	215,41

Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia



I.P.G. s.n.c. – Istituto Prove Geotecniche

di Celia Domenico, Soleri Sergio, Valenza Massimiliano
Via Orto Matera n° 21 Castrolibero (CS) Tel -Fax 0984 465174 –
E-Mail: ipg2004@libero.it www.ipg2004.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE
QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2008

Certificazione Ufficiale - Prove di laboratorio sui terreni
Autorizzazione Ministero Infrastrutture e Trasporti
Decreto N. 8014/09-12-2009 (D.P.R. 380/01)

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Pagina 3 di 3)

Data arrivo campione:	16/12/2019	Data esecuzione prova:	16/12/2019	Pagine Certificato :	8 di 8
Verbale Accettazione:	723	Certificato numero :	3976	Data Certificato :	18/12/2019

INDAGINE :

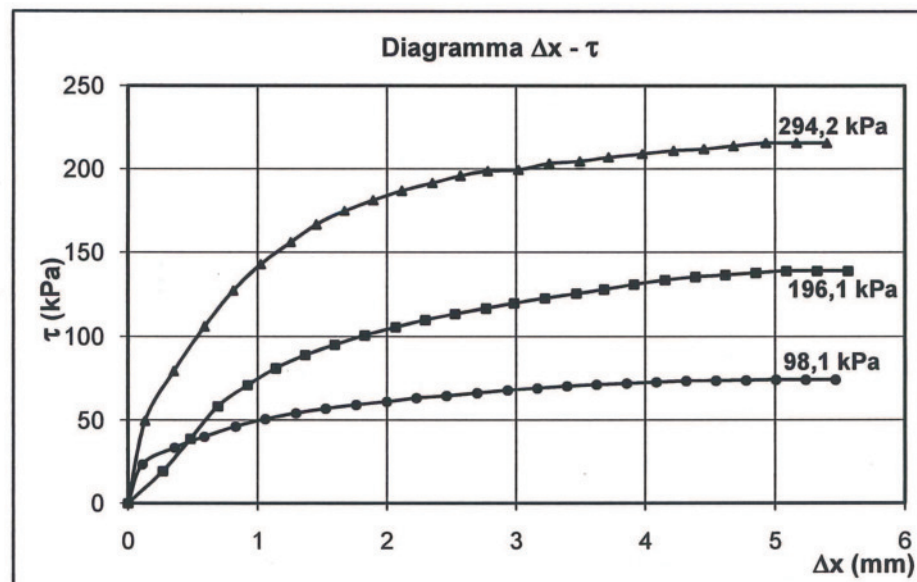
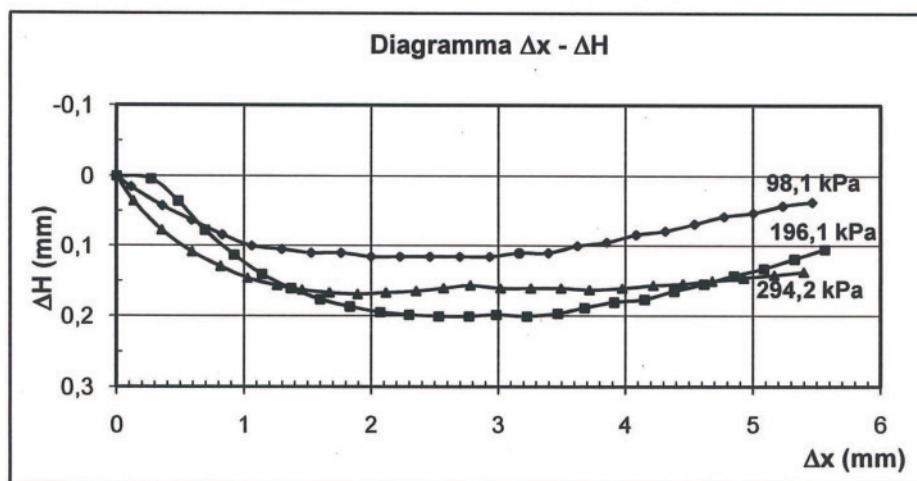
COMPLETAMENTO DELLA RETE DI COLLETTAMENTO DEL CAPOLUOGO E LOC. SCOPPOLISE E REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE A FANGHI ATTIVI DA 2.200 A.E. IN LOC. VALLE DEI MULINI DEL COMUNE DI PENTONE (CZ) - prove di laboratorio.

COMMITTENTE : Dott. Geol. Ezio Infelise

ORIGINALE

SONDAGGIO: 1 Campione : 1 PROFONDITA' : m 0,50 - 1,40

DIAGRAMMI DELLA FASE DI ROTTURA



Il Direttore Dott. Geol. Massimiliano Valenza

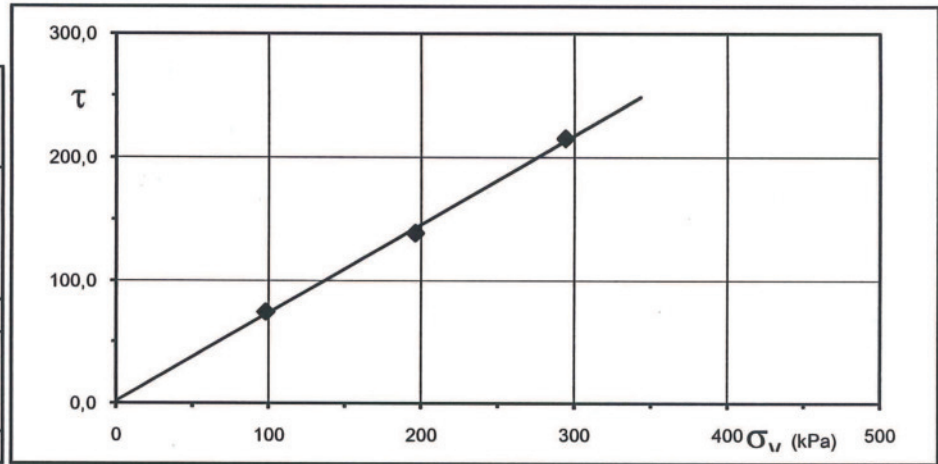


Lo Sperimentatore Dott. Geol. Domenico Celia

S1 C1 da m. 0.50 – 1.40
Prova di taglio diretto – Valori di Picco

Carico applicato (kPa)	98.07	196.13	294.20
Tensione a rottura (kPa)	74,36	138,84	215,41
Spost. Oriz. a rottura (mm)	5,00	5,08	4,93

Norma UNI CEN ISO/TS 17892 - 10 : Febbraio 2005
DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale
Coesione (kPa) : 1,819
Angolo d'attrito (°) : 35,72



ALLEGATO 3: INDAGINI GEOFICHE (SISMICA A RIFRAZIONE E MASW)

Easy Refract

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda λ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde λ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

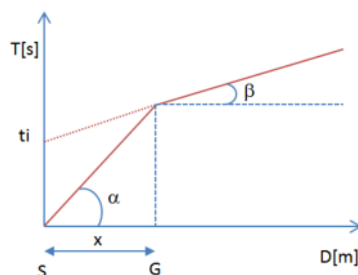
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

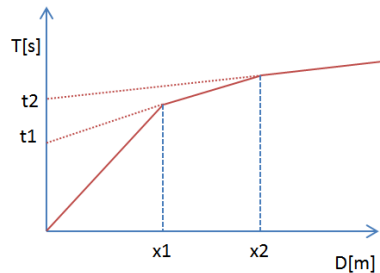
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

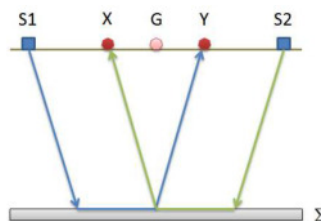


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

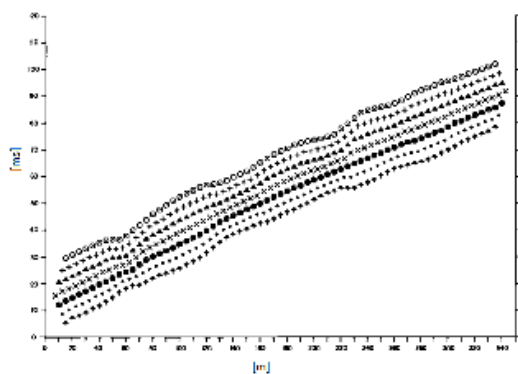
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifratore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



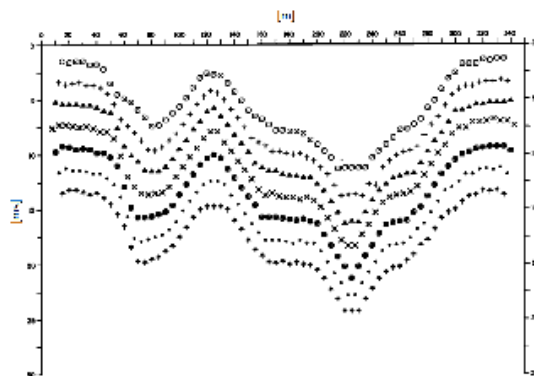
dove T_{S1Y} e T_{S2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre T_{S1S2} è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_V è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_V viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.
Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

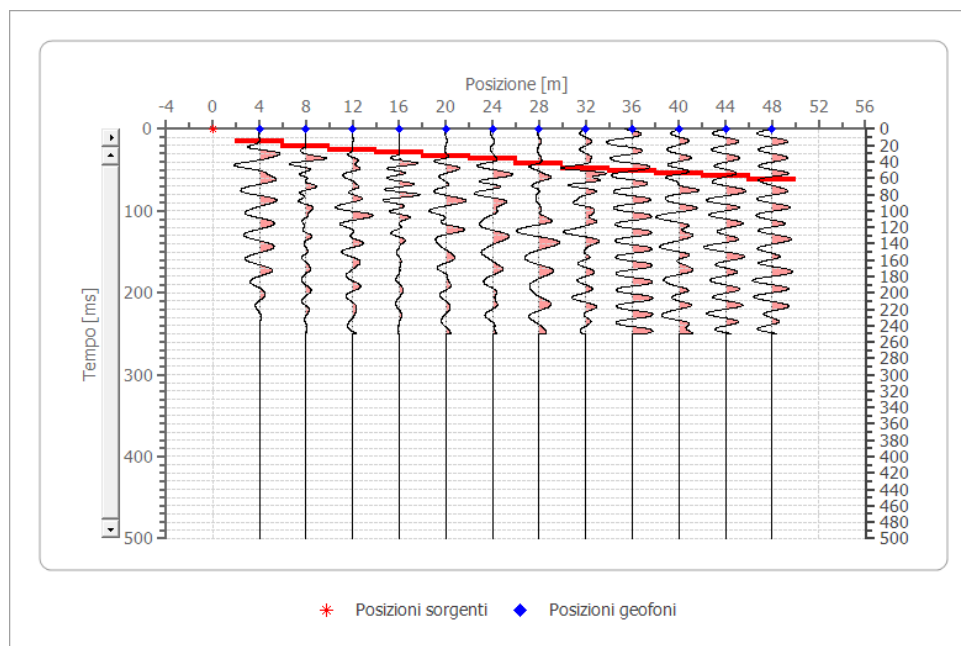
GEOMETRIA GEOFONI A-B

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	4.0	0.0
2	8.0	0.0
3	12.0	0.0
4	16.0	0.0
5	20.0	0.0
6	24.0	0.0
7	28.0	0.0
8	32.0	0.0
9	36.0	0.0
10	40.0	0.0
11	44.0	0.0
12	48.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

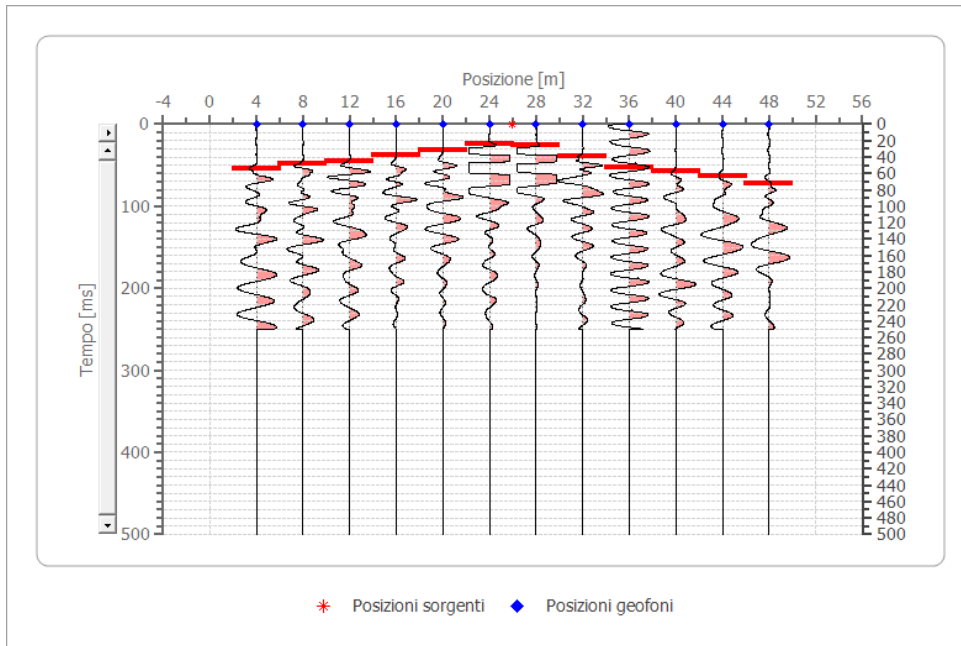


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	15.0663
8.0	21.0928
12.0	25.6126
16.0	28.6259
20.0	33.1458
24.0	36.1590

	28.0	42.1855
	32.0	48.2120
	36.0	51.2253
	40.0	54.2386
	44.0	57.2518
	48.0	61.7717

Battuta 2

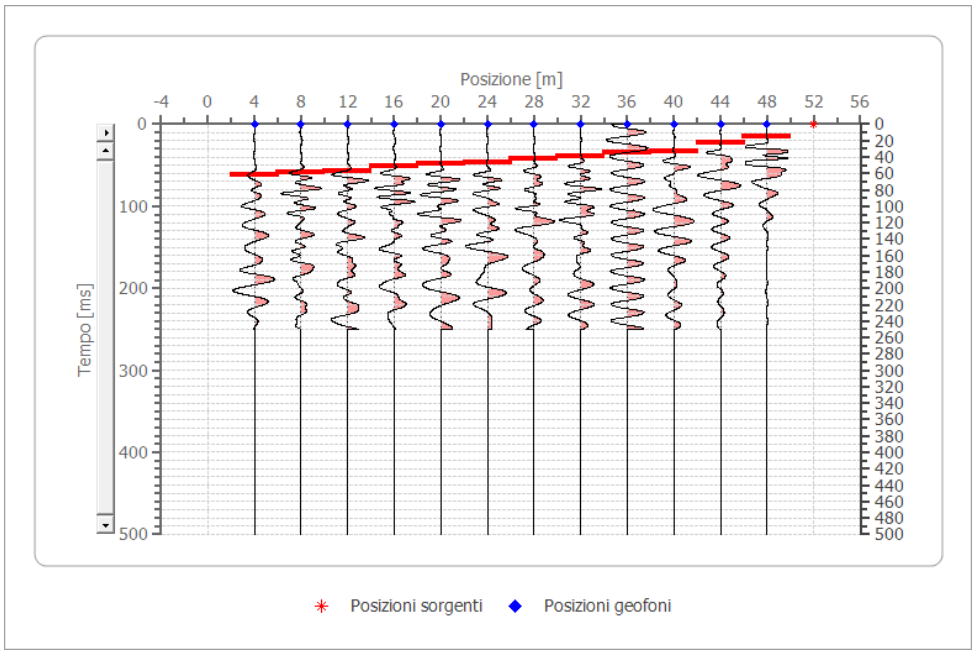
Posizione sorgente X 26 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	54.2386
8.0	48.2120
12.0	45.1988
16.0	37.6657
20.0	31.6392
24.0	24.1060
28.0	25.6126
32.0	39.1723
36.0	52.7319
40.0	57.2518
44.0	63.2783
48.0	72.3181

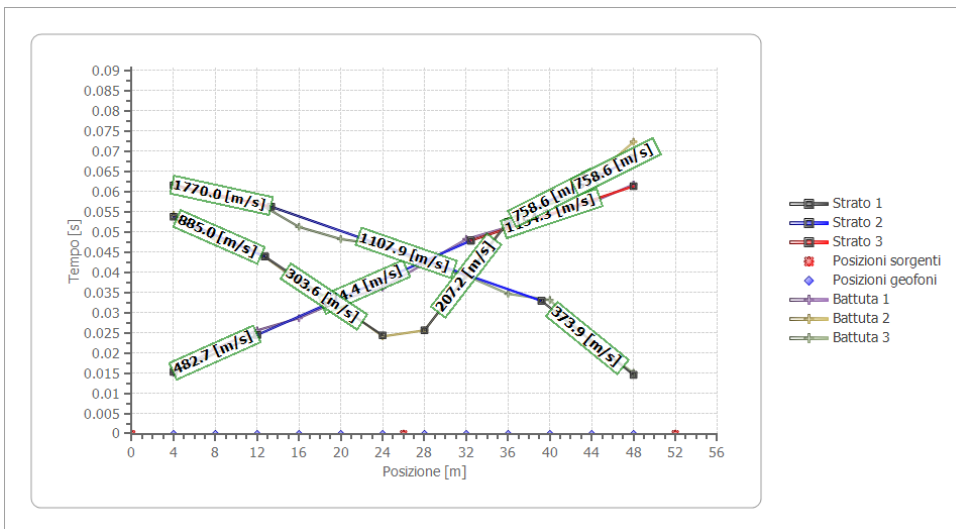
Battuta 3

Posizione sorgente X 52 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

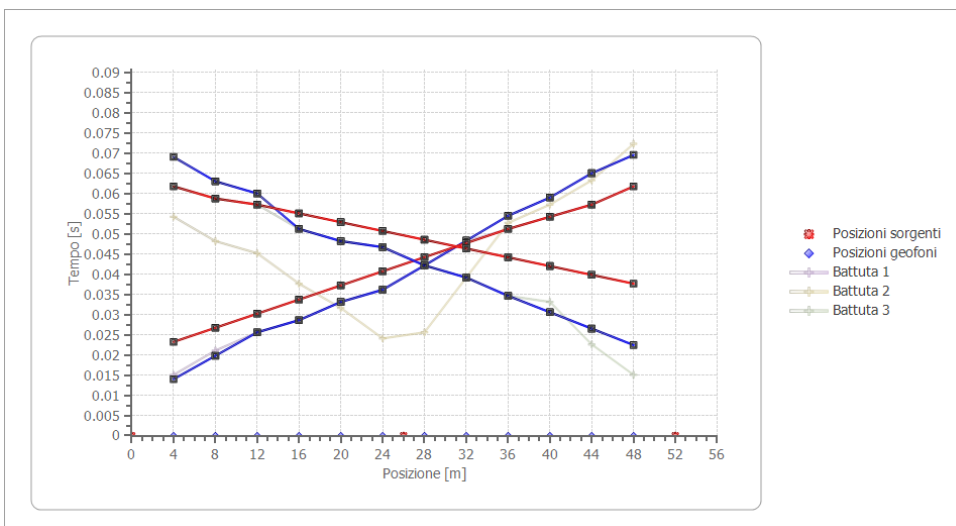


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
4.0	61.7717
8.0	58.7584
12.0	57.2518
16.0	51.2253
20.0	48.2120
24.0	46.7054
28.0	42.1855
32.0	39.1723
36.0	34.6524
40.0	33.1458
44.0	22.5994
48.0	15.0663

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 4.0 [m]	1.9	7.4	--
G= 8.0 [m]	1.9	7.8	--
G= 12.0 [m]	2.4	7.8	--
G= 16.0 [m]	1.3	10.9	--
G= 20.0 [m]	1.6	11.0	--
G= 24.0 [m]	1.9	11.1	--
G= 28.0 [m]	2.2	11.2	--
G= 32.0 [m]	2.8	10.7	--

G= 36.0 [m]	3.1	10.8	--
G= 40.0 [m]	3.1	11.1	--
G= 44.0 [m]	3.5	10.8	--
G= 48.0 [m]	3.6	11.9	--
Velocità [m/sec]	341.9	881.8	1423.5
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

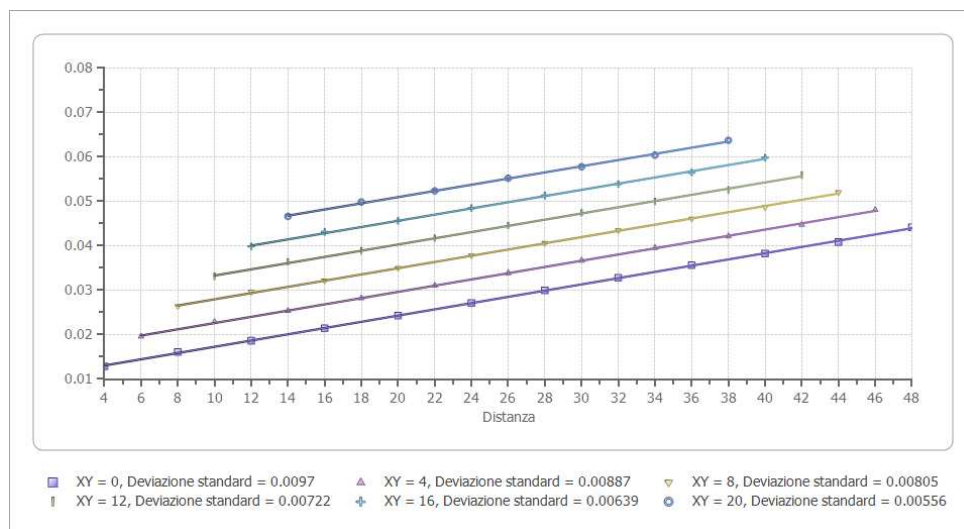
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.25
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	341.86	881.82	1423.53
Vs [m/s]	164.22	471.35	821.88
G0 [MPa]	48.54	399.91	1215.87
Ed [Mpa]	210.36	1399.69	3647.60
M0 [MPa]	161.81	999.78	2431.73
Ey [Mpa]	131.07	1039.77	3039.67

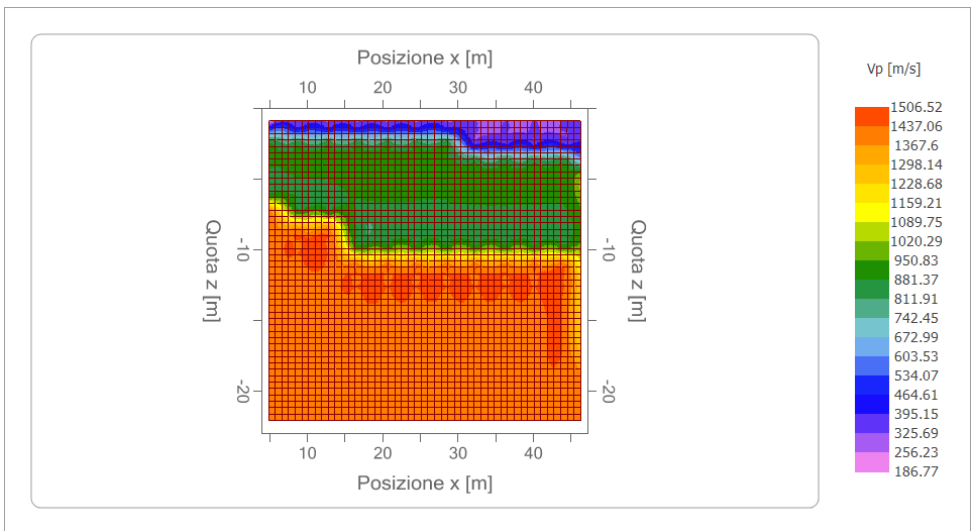
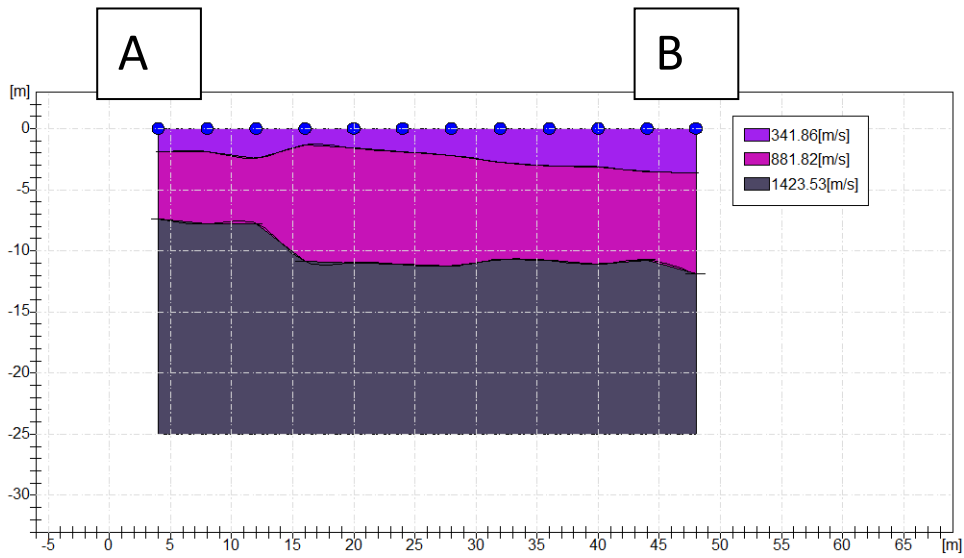
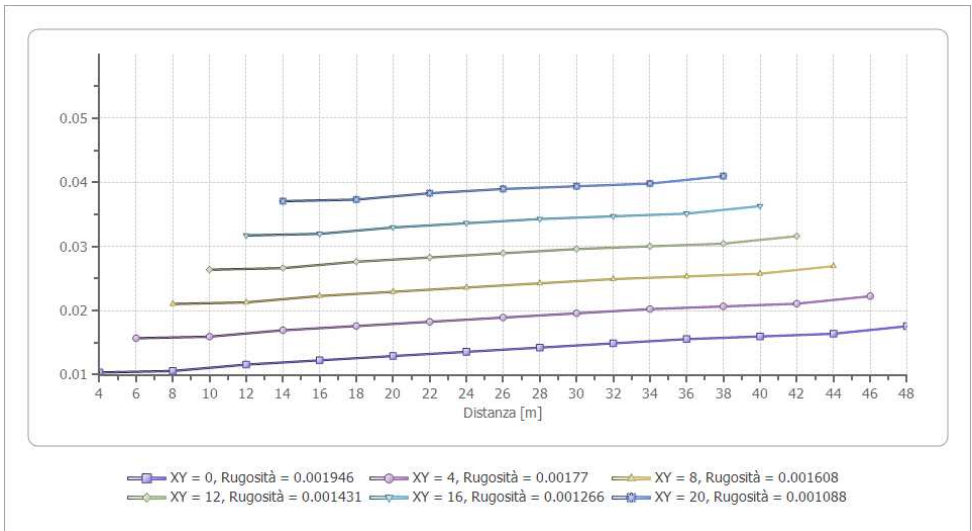
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





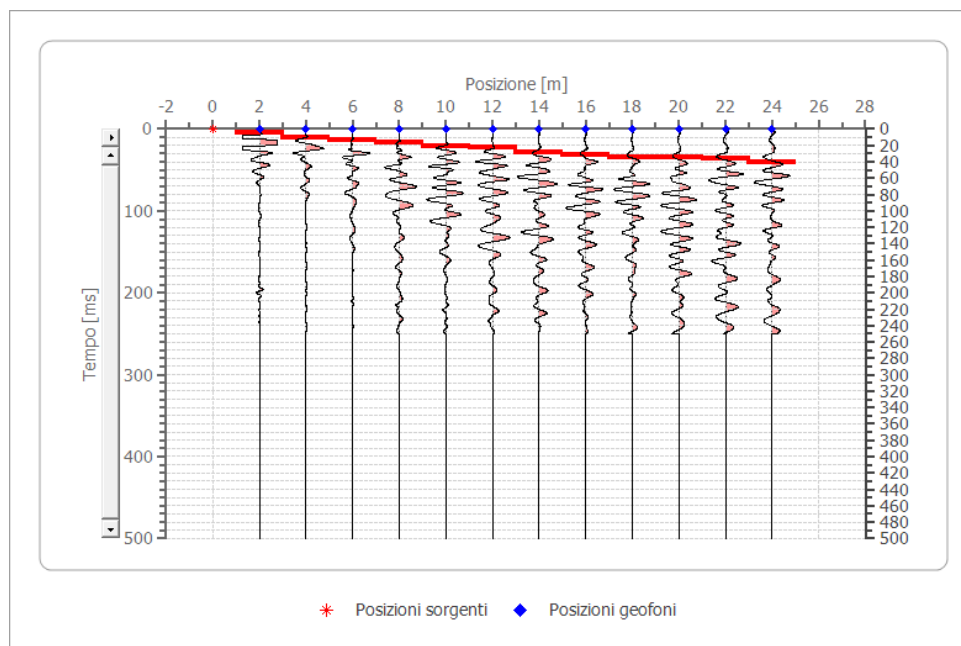
Geometria geofoni C-D

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	0.0
2	4.0	0.0
3	6.0	0.0
4	8.0	0.0
5	10.0	0.0
6	12.0	0.0
7	14.0	0.0
8	16.0	0.0
9	18.0	0.0
10	20.0	0.0
11	22.0	0.0
12	24.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X 0 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]



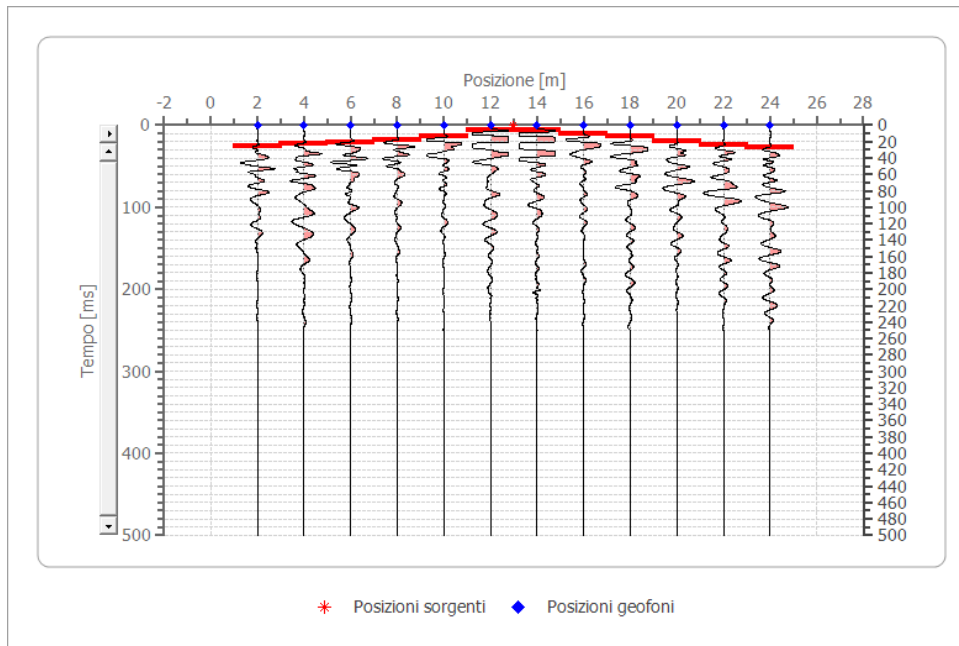
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	4.5199
4.0	10.5464
6.0	13.5596
8.0	16.5729
10.0	20.4000
12.0	22.5994

	14.0	28.6259
	16.0	31.6392
	18.0	34.6524
	20.0	35.0000
	22.0	36.1590
	24.0	40.6789

Battuta 2

Posizione sorgente X 13 [m]

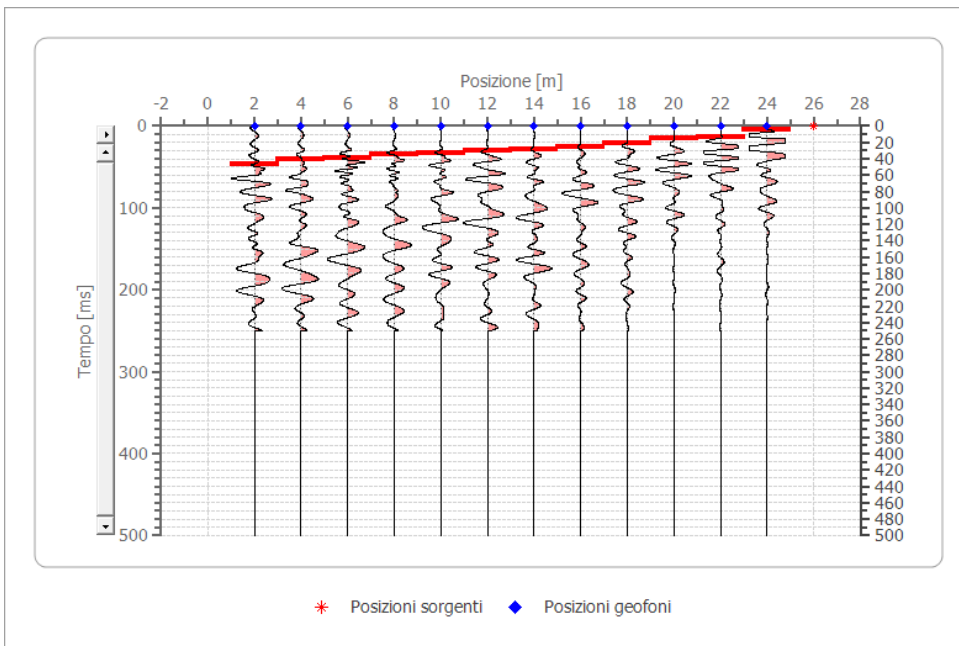
Posizione sorgente Z 0 [m]



Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	25.6126
4.0	22.5994
6.0	21.0928
8.0	18.0795
10.0	13.5596
12.0	6.0265
14.0	6.0265
16.0	10.5464
18.0	13.5596
20.0	19.5861
22.0	24.1060
24.0	27.1193

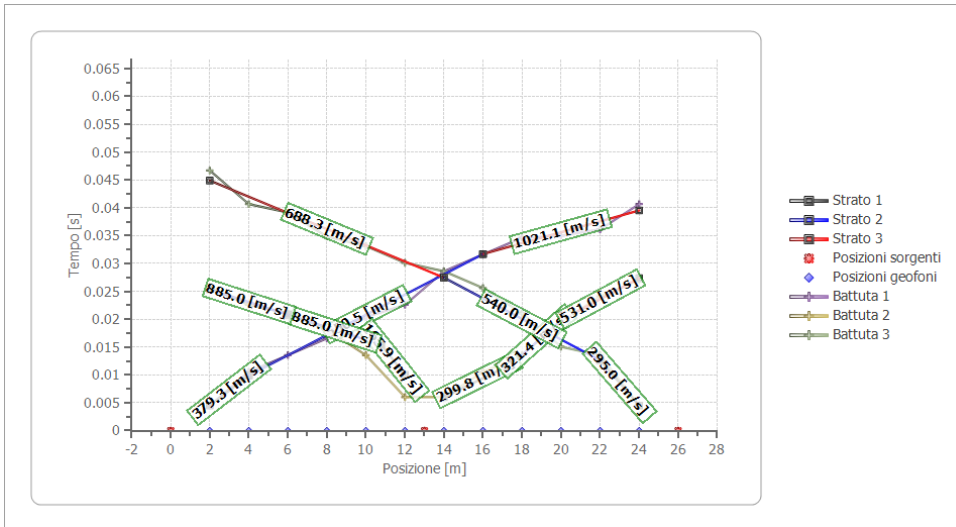
Battuta 3

Posizione sorgente X 26 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

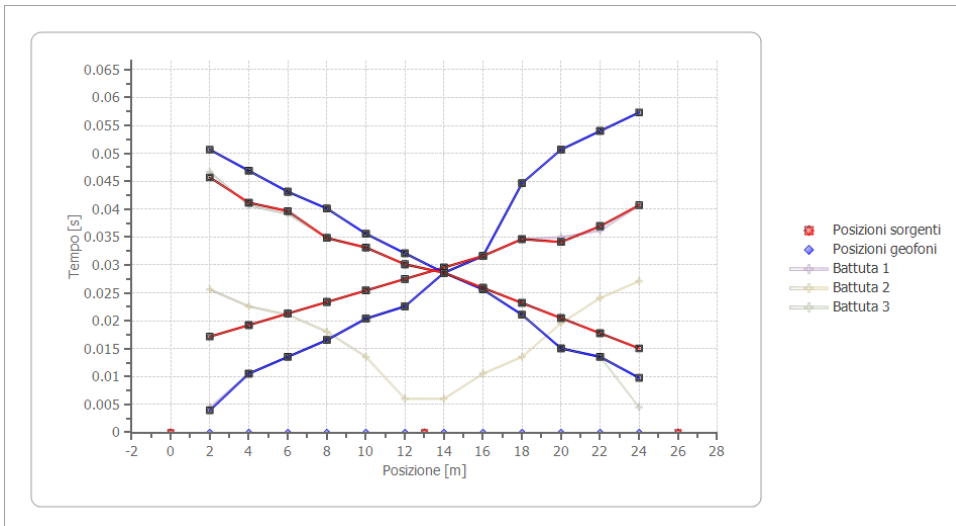


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	46.7054
4.0	40.6789
6.0	39.1723
8.0	34.8520
10.0	33.1458
12.0	30.1325
14.0	28.6259
16.0	25.6126
18.0	21.0928
20.0	15.0663
22.0	13.5596
24.0	4.5199

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
G= 2.0 [m]	0.0	5.0	--
G= 4.0 [m]	0.0	4.3	--
G= 6.0 [m]	0.0	4.4	--
G= 8.0 [m]	0.0	3.7	--
G= 10.0 [m]	0.0	3.8	--
G= 12.0 [m]	0.0	3.5	--
G= 14.0 [m]	0.0	3.7	--

G= 16.0 [m]	0.0	3.5	--
G= 18.0 [m]	1.4	2.4	--
G= 20.0 [m]	1.4	1.6	--
G= 22.0 [m]	1.8	1.8	--
G= 24.0 [m]	1.7	1.7	--
Velocità [m/sec]	285.0	458.7	848.3
Descrizione			

Altri parametri geotecnici

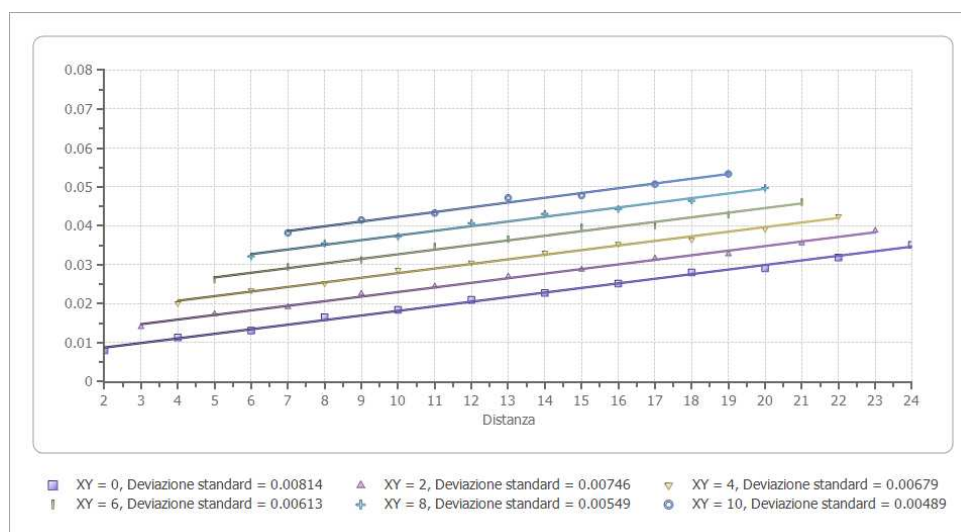
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3
Coefficiente Poisson	0.35	0.30	0.25
Densità [kg/m ³]	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	284.99	458.68	848.32
Vs [m/s]	136.90	245.17	489.78
G0 [MPa]	33.74	108.20	431.78
Ed [Mpa]	146.19	378.69	1295.35
M0 [MPa]	112.46	270.50	863.57
Ey [Mpa]	91.09	281.32	1079.46

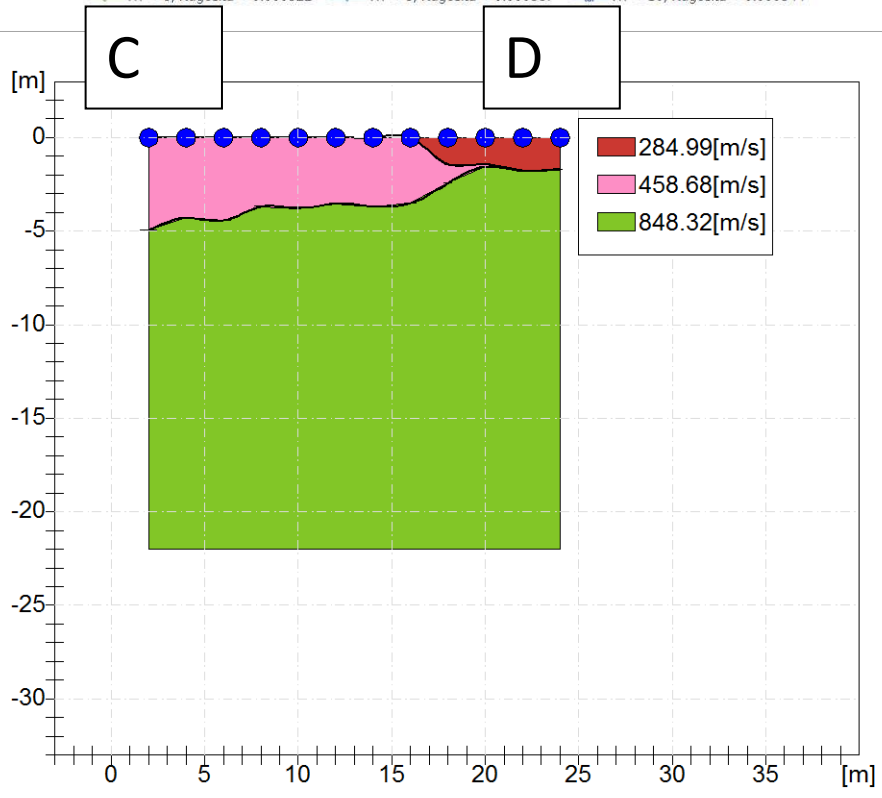
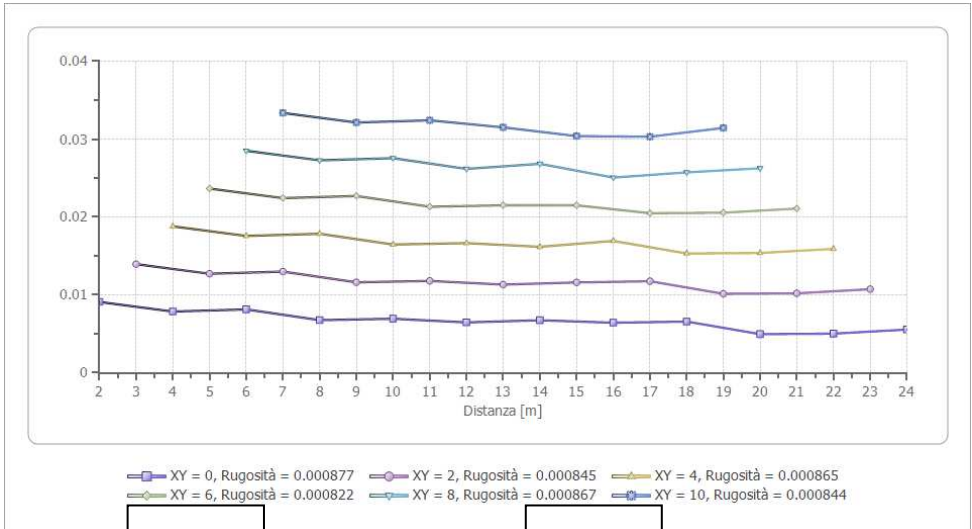
G0: Modulo di deformazione al taglio;

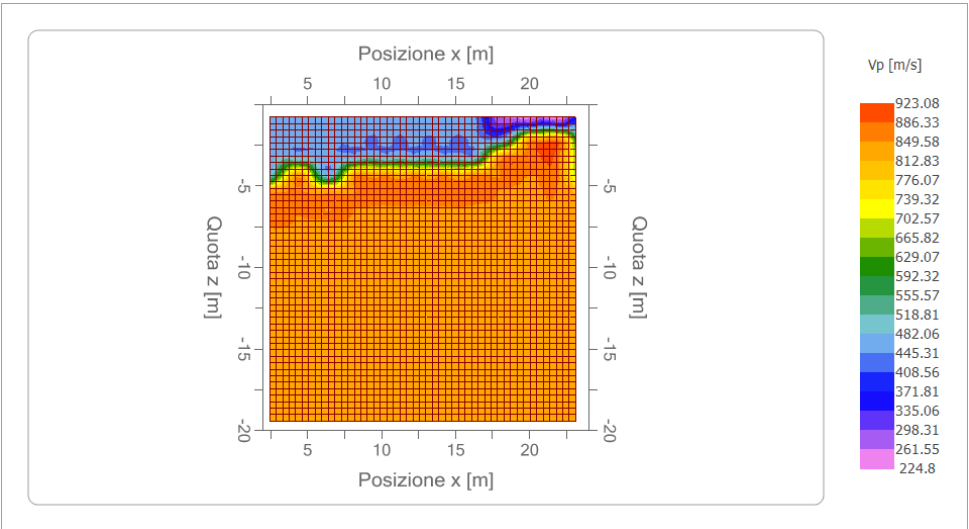
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;







Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

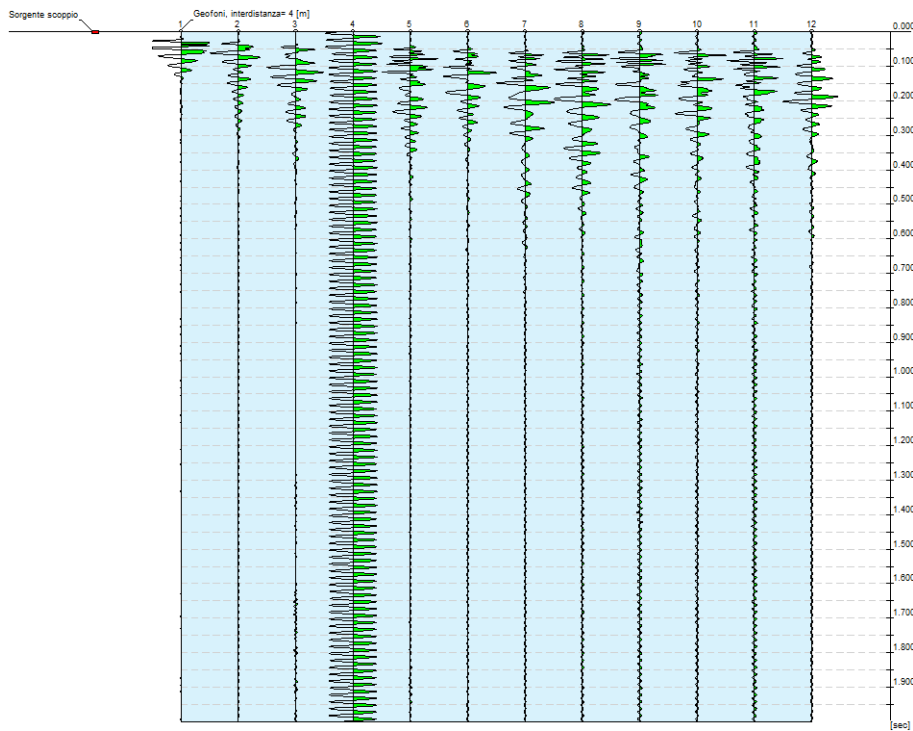
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Tracce

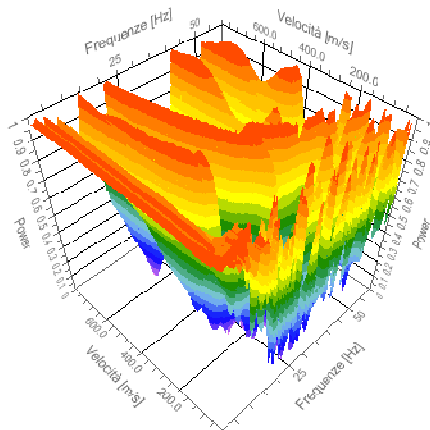
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	4.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

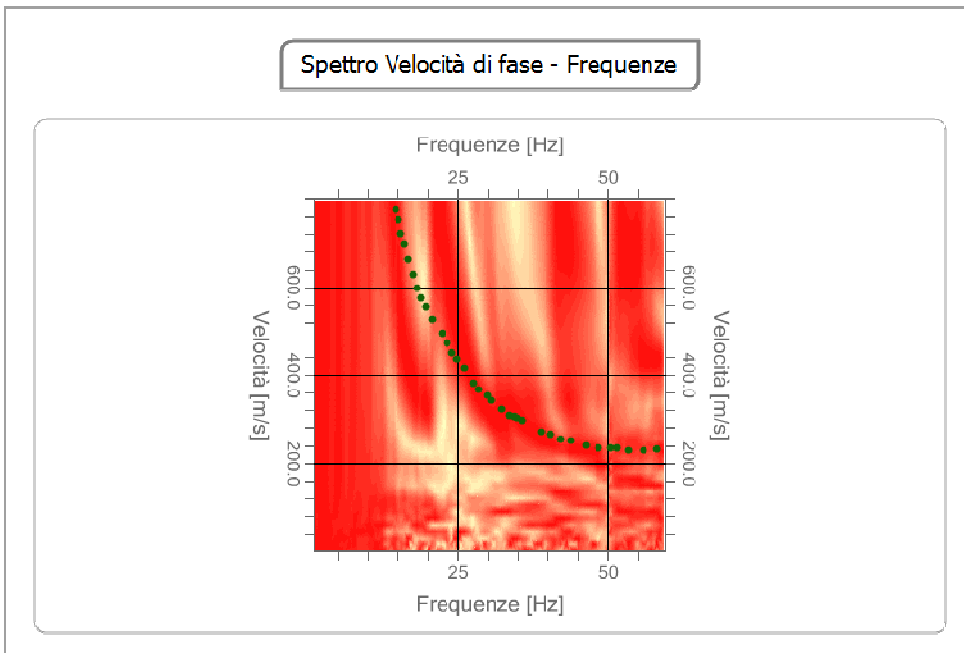
Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	14.6	775.6	0
2	15.1	754.3	0
3	15.5	723.8	0
4	16.2	696.3	0
5	16.9	662.8	0
6	17.5	629.2	0
7	18.2	598.7	0
8	18.9	574.3	0
9	19.8	556.0	0
10	20.7	525.5	0
11	22.5	495.0	0
12	23.1	473.7	0
13	24.0	449.3	0
14	24.9	437.1	0
15	26.0	415.7	0
16	27.6	382.2	0
17	28.5	367.0	0
18	29.8	354.8	0
19	30.5	342.6	0
20	32.3	321.2	0
21	33.7	309.0	0
22	34.5	306.0	0
23	34.8	302.9	0

24	35.7	296.8	0
25	38.8	272.4	0
26	40.6	266.3	0
27	42.1	254.1	0
28	43.7	251.1	0
29	46.4	238.9	0
30	48.4	235.8	0
31	50.4	235.8	0
32	51.5	235.8	0
33	53.3	229.7	0
34	55.8	229.7	0
35	58.3	232.8	0



Inversione

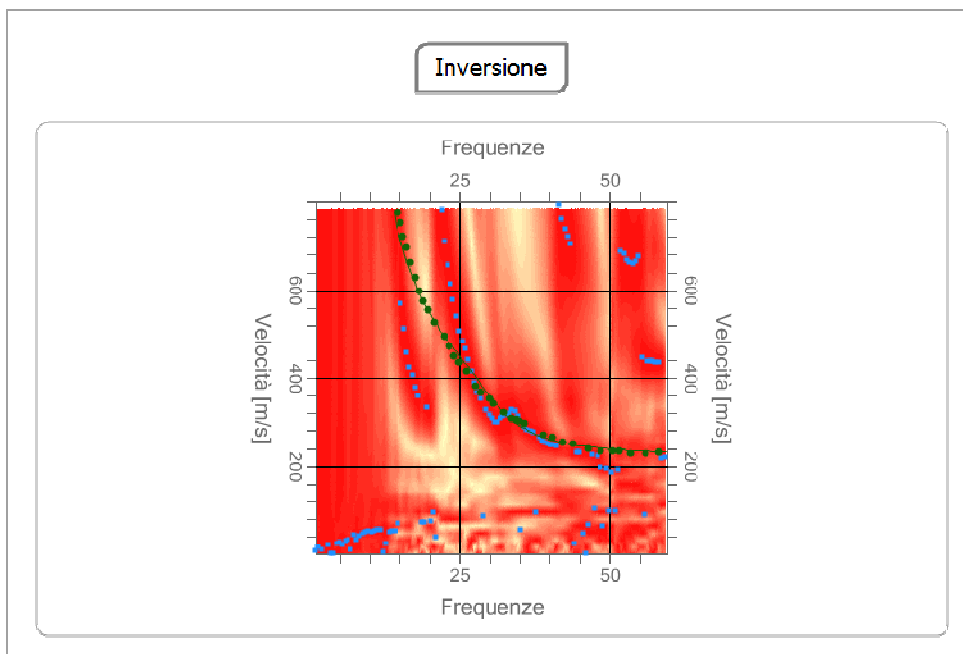
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.16	3.16	1800.0	0.3	No	455.9	243.7
2		7.55	4.39	1800.0	0.3	No	968.0	526.4
3		12.56	5.01	1800.0	0.3	No	1261.5	697.3
4		18.57	6.01	1800.0	0.3	No	1665.6	961.7
5		26.13	7.56	1800.0	0.2	No	1662.9	1018.3
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	2438.3	1508.4

Percentuale di errore

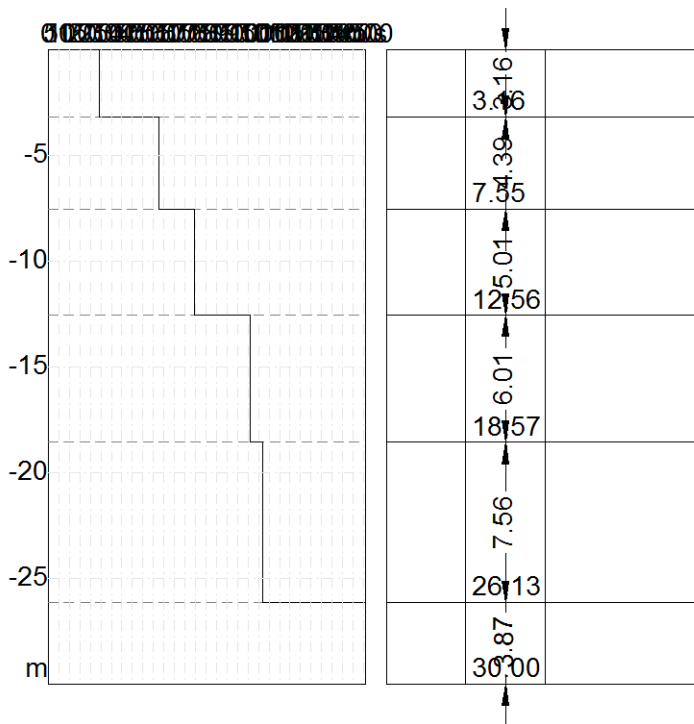
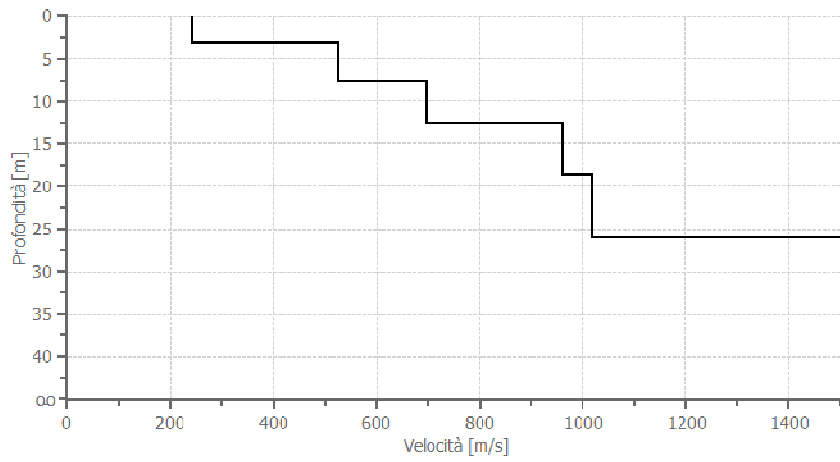
0.103 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.028



Profilo di velocità



Risultati STENDIMENTO A-B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.16	3.16	243.69	455.91	1650.00	0.30	97.99	342.96	212.31	254.77	N/A	2052.66
2	7.55	4.39	526.43	967.96	1800.00	0.29	498.83	1686.52	1021.41	1286.98	N/A	N/A
3	12.56	5.01	697.31	1261.49	1900.00	0.28	923.87	3023.56	1791.74	2365.10	N/A	N/A
4	18.57	6.01	961.66	1665.64	1900.00	0.25	1757.09	5271.28	2928.49	4392.73	N/A	N/A
5	26.13	7.56	1018.32	1662.91	2100.00	0.20	2177.66	5807.09	2903.55	5226.38	N/A	N/A
6	oo	oo	1508.44	2438.32	2400.00	0.19	5460.95	14268.94	6987.67	12997.07	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

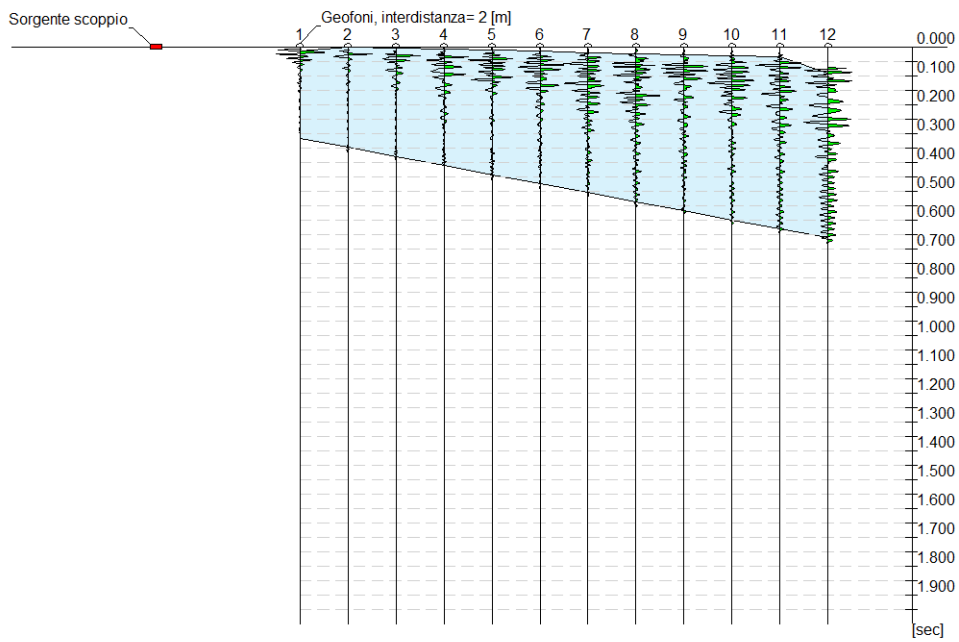
Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

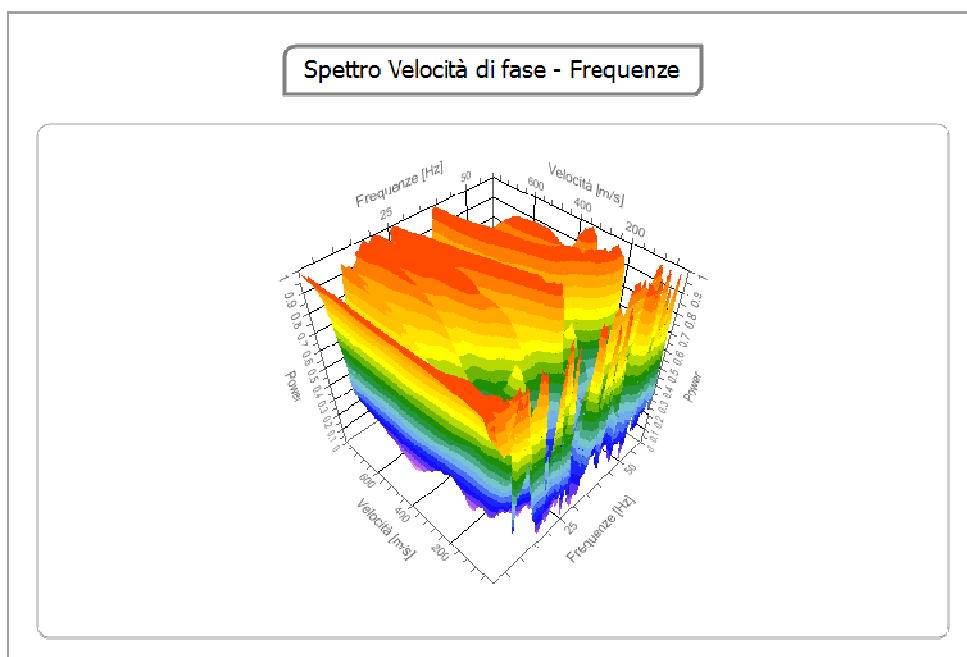
Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

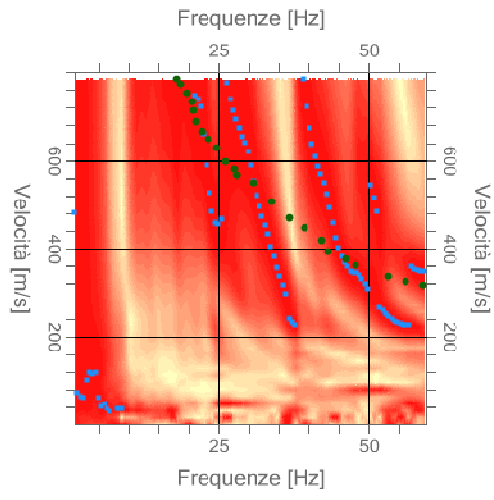


Curva di dispersione

n.	Frequenza	Velocità	Modo
----	-----------	----------	------

	[Hz]	[m/sec]	
1	18.0	784.8	0
2	18.7	772.6	0
3	19.8	754.3	0
4	20.5	732.9	0
5	20.7	714.6	0
6	21.1	687.2	0
7	22.2	665.8	0
8	23.1	647.5	0
9	24.7	629.2	0
10	26.0	598.7	0
11	27.6	580.4	0
12	28.1	565.2	0
13	30.7	549.9	0
14	33.9	507.2	0
15	36.8	470.6	0
16	39.2	446.2	0
17	42.1	418.8	0
18	43.3	394.4	0
19	46.2	376.1	0
20	47.7	360.9	0
21	53.1	336.5	0
22	56.0	324.3	0
23	58.9	318.2	0

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

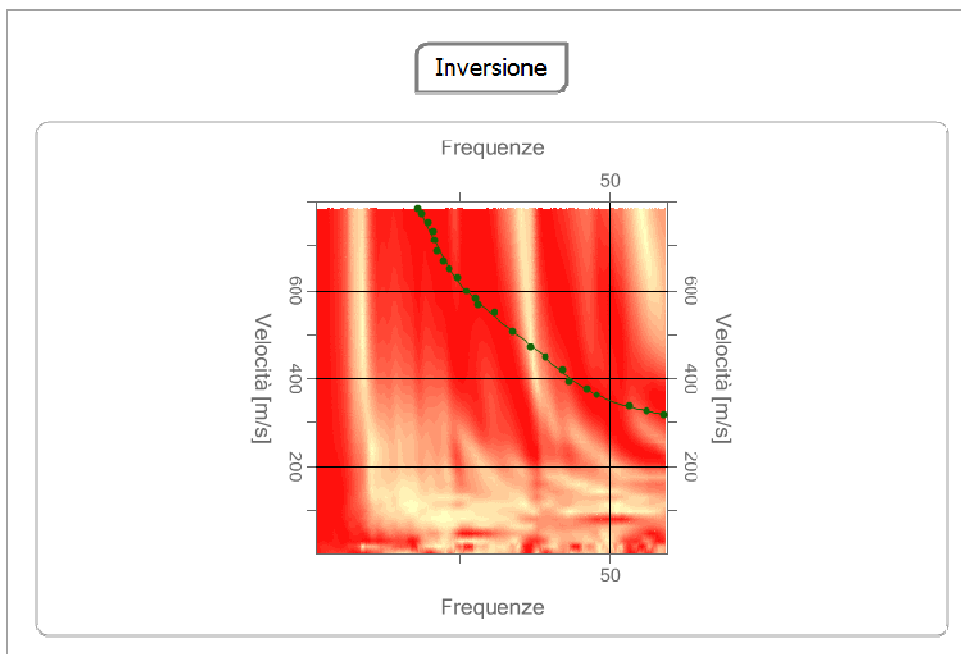
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.00	3.00	0.0	0.4	No	642.4	308.6
2		8.87	5.87	1800.0	0.3	No	1222.2	653.3
3		14.12	5.25	1800.0	0.3	No	1537.4	849.8
4		21.76	7.64	1800.0	0.3	No	1940.3	1120.2
5		28.78	7.02	1800.0	0.3	No	2340.4	1351.2
6		oo	oo	1800.0	0.3	No	2341.1	1351.6

Percentuale di errore

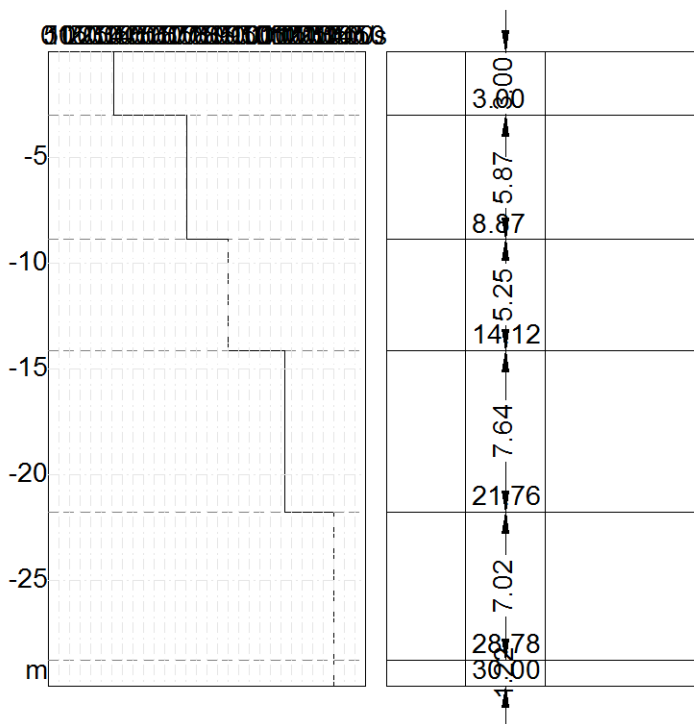
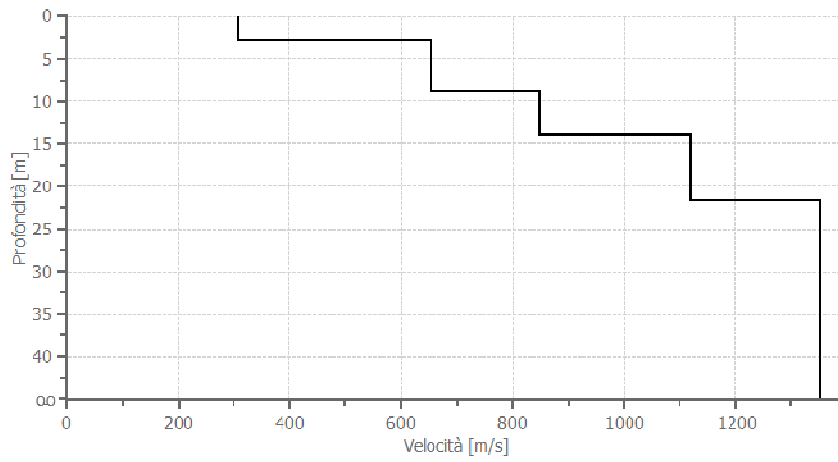
0.015 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.011



Profilo di velocità



Risultati

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m ³]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.00	3.00	308.58	642.37	2059.36	0.35	196.10	849.76	588.30	529.47	N/A	N/A
2	8.87	5.87	653.30	1222.21	1800.00	0.30	768.24	2688.83	1664.51	1997.42	N/A	N/A
3	14.12	5.25	849.81	1537.36	1800.00	0.28	1299.91	4254.24	2521.03	3327.76	N/A	N/A
4	21.76	7.64	1120.21	1940.26	1800.00	0.25	2258.77	6776.32	3764.62	5646.94	N/A	N/A
5	28.78	7.02	1351.23	2340.40	1800.00	0.25	3286.47	9859.41	5477.45	8216.18	N/A	N/A
6	oo	oo	1351.64	2341.11	1800.00	0.25	3288.47	9865.41	5480.78	8221.18	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

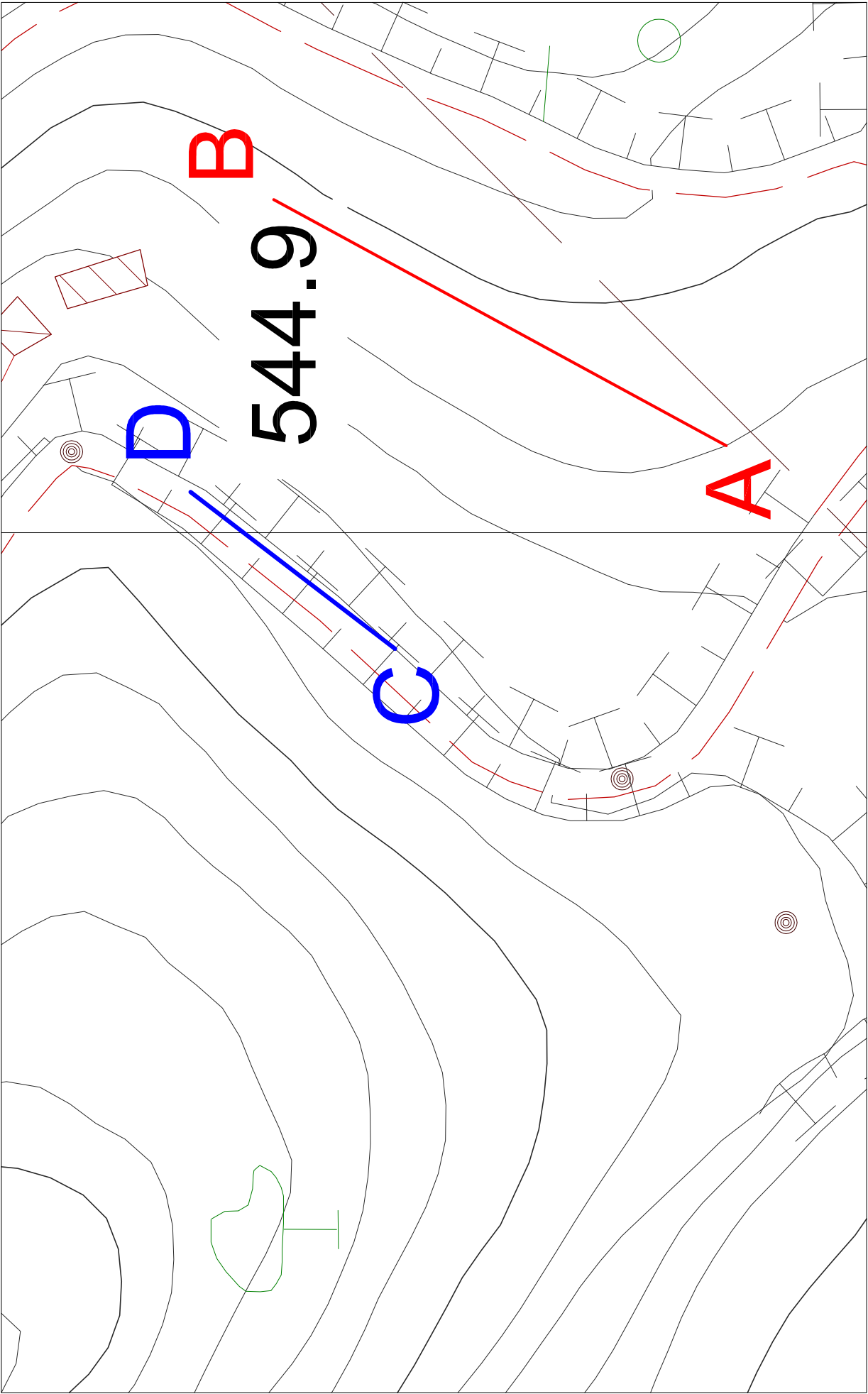
Ey: Modulo di Young;



Foto 2: Indagini geofisiche (Sismica a rifrazione e MASW) stendimento A-B



Foto 2: Indagini geofisiche (sismica a rifrazione e MASW) STENDIMENTO C-D



Aerofotogrammetria in scala 1:500 con ubicazione indagini geofisiche

Allegato n° 4: Elaborati analitici e grafici relativi
all'analisi di stabilità del pendio ante e post operam.

ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII SEZIONE A-A' ANTEOPERAM

Lat./Long.	38,98374/16,58752
Normativa	[A1+M1+R1]
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3,55 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	550,35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19,58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	563,92 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] 2018

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	75,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45,0	0,81	2,29	0,3
S.L.D.	75,0	1,07	2,3	0,32
S.L.V.	712,0	2,93	2,45	0,38
S.L.C.	1462,0	3,86	2,48	0,41

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,1664	0,2	0,0238	0,0119
S.L.D.	1,5408	0,24	0,0377	0,0189
S.L.V.	3,8928	0,28	0,1112	0,0556
S.L.C.	4,6761	0,28	0,1335	0,0668

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1335
Coefficiente azione sismica verticale	0,0668

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
----	----------	----------

1	0,0	537,12
2	1,76	537,99
3	8,01	541,63
4	10,66	542,12
5	11,66	543,25
6	12,06	543,33
7	15,86	544,35
8	17,0	545,76
9	19,68	546,41
10	20,79	547,53
11	23,53	548,13
12	26,78	549,66
13	31,93	551,64
14	34,01	551,85

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	533,72
2	1,76	534,59
3	8,01	538,23
4	12,06	539,93
5	17,0	542,36
6	20,79	544,13
7	23,53	544,73
8	26,78	546,26
9	31,93	548,24
10	34,01	548,45

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	531,72
2	1,76	532,59
3	8,01	536,23
4	12,06	537,93
5	17,0	540,36
6	20,79	542,13
7	23,53	542,73
8	26,78	544,26
9	31,93	546,24
10	34,01	546,45

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,3	1,5
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	

1	0.185		35.72	2.06		sabbia ghiaiosa	
2	0		32.28	1.94		rocce scistose	
3	0		37.88	2.18		Substrato roccioso consistente	

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] CON JANBU

Fs minimo individuato	1,07
Ascissa centro superficie	13,17 m
Ordinata centro superficie	561,21 m
Raggio superficie	20,43 m

xc = 13,17 yc = 561,205 Rc = 20,428 Fs=1,074

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	0,22	-15,0	0,23	0,04	0,01	0,0	0,19	35,7	0,0	0,1	0,1
2	2,65	-10,8	2,7	4,01	0,54	0,27	0,19	35,7	0,0	4,8	3,7
3	1,0	-5,7	1,0	3,73	0,5	0,25	0,19	35,7	0,0	4,0	2,9
4	0,4	-3,6	0,4	2,04	0,27	0,14	0,19	35,7	0,0	2,1	1,5
5	3,8	2,2	3,8	23,82	3,18	1,59	0,0	32,3	0,0	30,3	17,8
6	1,14	9,2	1,15	9,29	1,24	0,62	0,0	32,3	0,0	11,2	6,7
7	2,68	14,7	2,77	25,14	3,36	1,68	0,0	32,3	0,0	29,3	17,8
8	1,11	20,2	1,18	11,03	1,47	0,74	0,0	32,3	0,0	12,6	7,9
9	2,74	26,2	3,05	27,53	3,68	1,84	0,0	32,3	0,0	30,9	20,3
10	7,5	45,7	10,75	52,82	7,05	3,53	0,0	32,3	0,0	61,4	51,7

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con FELLENIUS

Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	13,17 m
Ordinata centro superficie	561,21 m
Raggio superficie	20,43 m

xc = 13,17 yc = 561,205 Rc = 20,428 Fs=1,163

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	0,22	-15,0	0,23	0,04	0,01	0,0	0,19	35,7	0,0	0,0	0,0
2	2,65	-10,8	2,7	4,01	0,54	0,27	0,19	35,7	0,0	4,3	-0,2
3	1,0	-5,7	1,0	3,73	0,5	0,25	0,19	35,7	0,0	4,0	0,1
4	0,4	-3,6	0,4	2,04	0,27	0,14	0,19	35,7	0,0	2,2	0,1
5	3,8	2,2	3,8	23,82	3,18	1,59	0,0	32,3	0,0	32,4	4,4
6	1,14	9,2	1,15	9,29	1,24	0,62	0,0	32,3	0,0	12,3	3,2
7	2,68	14,7	2,77	25,14	3,36	1,68	0,0	32,3	0,0	32,4	11,5
8	1,11	20,2	1,18	11,03	1,47	0,74	0,0	32,3	0,0	13,6	6,3
9	2,74	26,2	3,05	27,53	3,68	1,84	0,0	32,3	0,0	32,1	19,1
10	7,5	45,7	10,75	52,82	7,05	3,53	0,0	32,3	0,0	45,4	54,1

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con BISHOP

Fs minimo individuato	1,19
Ascissa centro superficie	13,17 m
Ordinata centro superficie	561,21 m
Raggio superficie	20,43 m

$$x_c = 13,17 \quad y_c = 561,205 \quad R_c = 20,428 \quad F_s = 1,187$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	0,22	-15,0	0,23	0,04	0,01	0,0	0,19	35,7	0,0	0,1	0,1
2	2,65	-10,8	2,7	4,01	0,54	0,27	0,19	35,7	0,0	4,7	3,3
3	1,0	-5,7	1,0	3,73	0,5	0,25	0,19	35,7	0,0	4,0	2,6
4	0,4	-3,6	0,4	2,04	0,27	0,14	0,19	35,7	0,0	2,1	1,4
5	3,8	2,2	3,8	23,82	3,18	1,59	0,0	32,3	0,0	30,4	16,2
6	1,14	9,2	1,15	9,29	1,24	0,62	0,0	32,3	0,0	11,3	6,0
7	2,68	14,7	2,77	25,14	3,36	1,68	0,0	32,3	0,0	29,6	15,8
8	1,11	20,2	1,18	11,03	1,47	0,74	0,0	32,3	0,0	12,8	6,8
9	2,74	26,2	3,05	27,53	3,68	1,84	0,0	32,3	0,0	31,6	16,8
10	7,5	45,7	10,75	52,82	7,05	3,53	0,0	32,3	0,0	63,6	33,9

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con MORGENSTERN-PRICE

Fs minimo individuato	1,24
Ascissa centro superficie	13,17 m
Ordinata centro superficie	561,21 m
Raggio superficie	20,43 m

$$x_c = 13,17 \quad y_c = 561,205 \quad R_c = 20,428 \quad F_s = 1,244$$

$$\text{Lambda} = 0,324$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	0,22	-15,03	0,23	0,04
2	2,65	-10,84	2,7	4,01
3	1,0	-5,66	1,0	3,73
4	0,4	-3,61	0,4	2,04
5	3,8	2,22	3,8	23,82
6	1,14	9,19	1,15	9,29
7	2,68	14,68	2,77	25,14
8	1,11	20,24	1,18	11,03
9	2,74	26,2	3,05	27,53
10	7,5	45,73	10,75	52,82

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	0,7	2,16	0,0	0,0	-1,19	-0,65	0,0
2	2,71	8,37	0,7	2,16	1,16	1,07	0,0
3	4,22	13,0	2,71	8,37	2,05	1,34	0,0
4	5,18	15,98	4,22	13,0	1,03	0,66	0,0
5	9,68	29,83	5,18	15,98	28,46	14,45	0,0
6	10,7	32,97	9,68	29,83	11,83	6,01	0,0
7	12,12	37,37	10,7	32,97	32,12	16,3	0,0
8	12,22	37,67	12,12	37,37	13,65	6,93	0,0
9	11,18	34,46	12,22	37,67	31,66	16,07	0,0
10	1,93	5,96	11,18	34,46	31,4	15,94	0,0

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con SPENCER

Fs minimo individuato	1,24
Ascissa centro superficie	13,17 m
Ordinata centro superficie	561,21 m
Raggio superficie	20,43 m

xc = 13,17 yc = 561,205 Rc = 20,428 Fs=1,244
 Lambda = 0,324

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	0,22	-15,03	0,23	0,04
2	2,65	-10,84	2,7	4,01
3	1,0	-5,66	1,0	3,73
4	0,4	-3,61	0,4	2,04
5	3,8	2,22	3,8	23,82
6	1,14	9,19	1,15	9,29
7	2,68	14,68	2,77	25,14
8	1,11	20,24	1,18	11,03
9	2,74	26,2	3,05	27,53
10	7,5	45,73	10,75	52,82

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	0,7	2,16	0,0	0,0	-1,19	-0,65	0,0
2	2,71	8,37	0,7	2,16	1,16	1,07	0,0
3	4,22	13,0	2,71	8,37	2,05	1,34	0,0
4	5,18	15,98	4,22	13,0	1,03	0,66	0,0
5	9,68	29,83	5,18	15,98	28,46	14,45	0,0
6	10,7	32,97	9,68	29,83	11,83	6,01	0,0
7	12,12	37,37	10,7	32,97	32,12	16,3	0,0
8	12,22	37,67	12,12	37,37	13,65	6,93	0,0
9	11,18	34,46	12,22	37,67	31,66	16,07	0,0
10	1,93	5,96	11,18	34,46	31,4	15,94	0,0

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con BELL

Fs minimo individuato	1,18
Ascissa centro superficie	3,55 m
Ordinata centro superficie	563,92 m
Raggio superficie	25,84 m

xc = 3,55 yc = 563,919 Rc = 25,836 Fs=1,181

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,23	-1,0	2,23	3,17	0,42	0,21	0,19	35,7	0,0	3,0	2,2
2	2,23	4,0	2,23	8,85	1,18	0,59	0,19	35,7	0,0	3,9	2,7
3	1,56	8,2	1,57	9,09	1,21	0,61	0,19	35,7	0,0	3,4	2,3
4	2,65	13,0	2,72	17,11	2,28	1,14	0,0	32,3	0,0	11,2	6,0
5	1,0	17,1	1,05	7,08	0,95	0,47	0,0	32,3	0,0	2,7	1,4
6	0,4	18,8	0,42	3,14	0,42	0,21	0,0	32,3	0,0	0,7	0,4
7	3,8	23,8	4,15	27,66	3,69	1,85	0,0	32,3	0,0	41,1	21,9
8	1,14	29,9	1,31	8,22	1,1	0,55	0,0	32,3	0,0	5,1	2,7
9	2,68	35,0	3,27	18,42	2,46	1,23	0,0	32,3	0,0	29,7	15,9
10	4,58	46,0	6,59	18,74	2,5	1,25	0,19	35,7	0,0	74,2	45,9

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con SARMA

Fs minimo individuato	1,23
Ascissa centro superficie	3,55 m
Ordinata centro superficie	563,92 m
Raggio superficie	25,84 m

xc = 3,55 yc = 563,919 Rc = 25,836 Fs=1,23



Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	2,23	-0,98	2,23	3,17
2	2,23	3,98	2,23	8,85
3	1,56	8,19	1,57	9,09
4	2,65	12,96	2,72	17,11
5	1,0	17,13	1,05	7,08
6	0,4	18,78	0,42	3,14
7	3,8	23,85	4,15	27,66
8	1,14	29,89	1,31	8,22
9	2,68	35,0	3,27	18,42
10	4,58	45,96	6,59	18,74

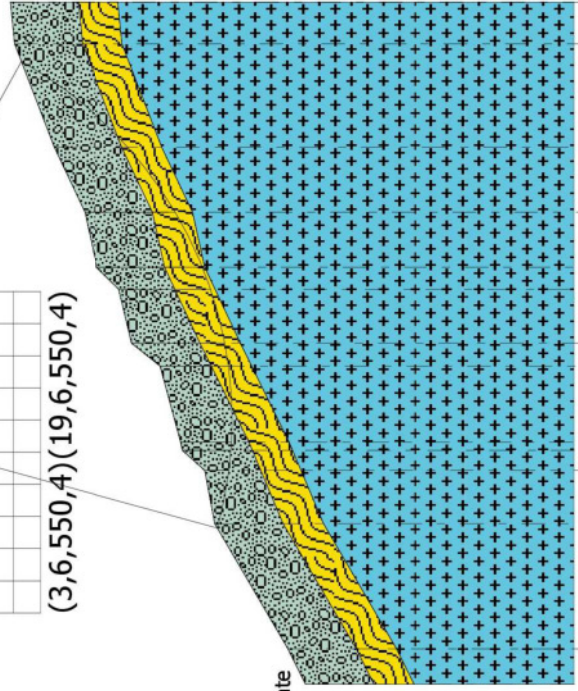
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	-0,76	2,31	0,0	0,0	3,97	2,66	0,0
2	-4,23	7,58	-0,76	2,31	11,85	7,26	0,0
3	-7,48	11,62	-4,23	7,58	11,47	6,94	0,0
4	-6,82	13,56	-7,48	11,62	15,09	7,75	0,0
5	-7,07	13,93	-6,82	13,56	6,62	3,4	0,0
6	-8,17	14,14	-7,07	13,93	3,81	1,96	0,0
7	-5,89	12,01	-8,17	14,14	22,61	11,61	0,0
8	-4,68	10,6	-5,89	12,01	6,25	3,21	0,0
9	-3,59	5,81	-4,68	10,6	15,55	7,99	0,0
10	0,0	0,0	-3,59	5,81	12,95	8,56	0,0

**SEZIONE A-A' ANTE
OPERAM CON JANBU
Superficie con Fs minimo**

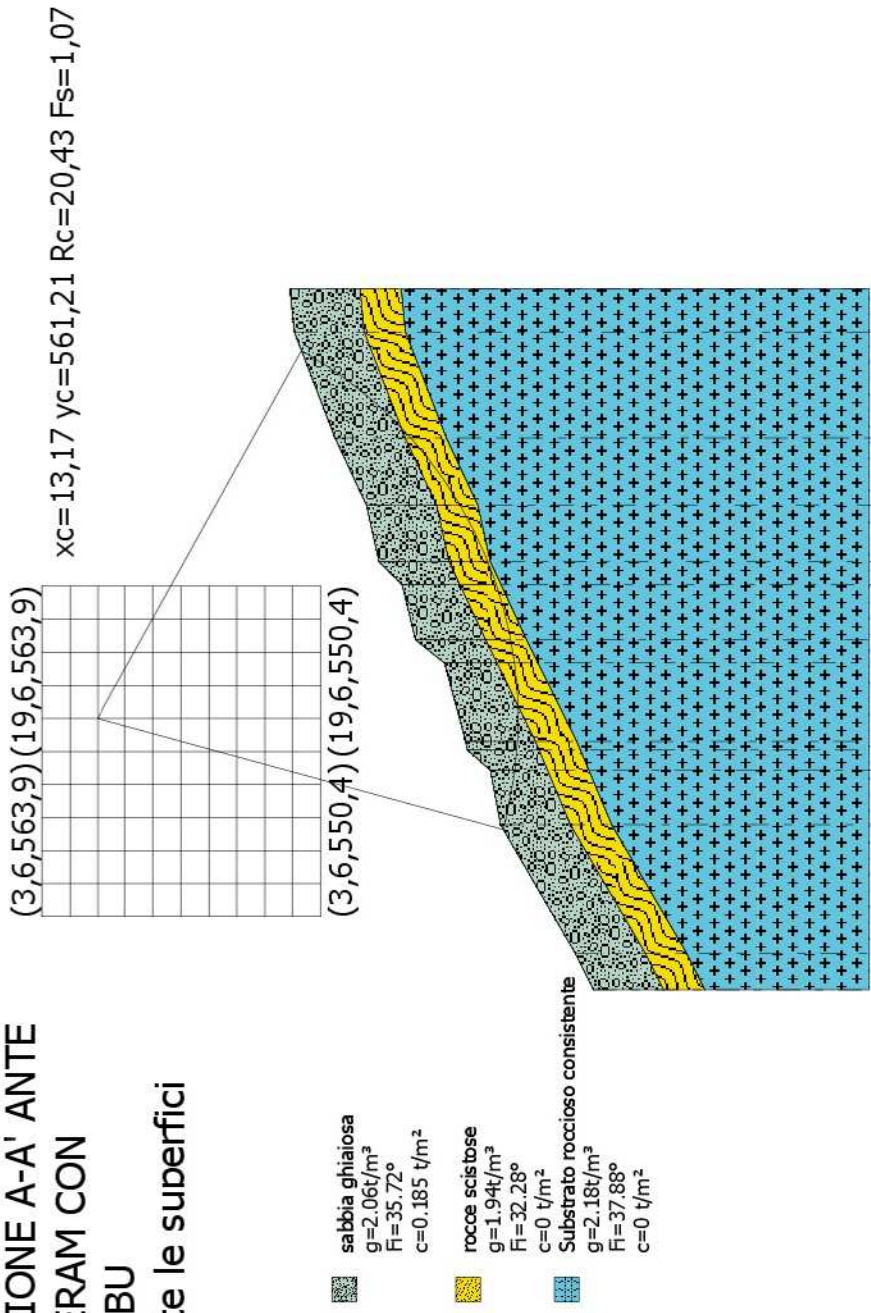
$(3,6,563,9)$ $(19,6,563,9)$
 $xc=13,17$ $yc=561,21$ $Rc=20,43$ $Fs=1,07$

-  sabbia ghiaiosa
 $g=2,06 \text{ t/m}^3$
 $Fi=35,72^\circ$
 $c=0,185 \text{ t/m}^2$
-  rocce scistose
 $g=1,94 \text{ t/m}^3$
 $Fi=32,28^\circ$
 $c=0 \text{ t/m}^2$
-  Substrato roccioso consistente
 $g=2,18 \text{ t/m}^3$
 $Fi=37,88^\circ$
 $c=0 \text{ t/m}^2$



Quote	537,12	537,99	541,63	542,17	543,33	544,35	545,76	546,41	547,53	548,13	549,66	551,64	551,85
Distanze Parziali	0,00	1,76	6,25	2,65	0,40	3,80	1,14	2,68	1,11	2,74	3,25	5,15	2,08
Distanze Progressive	0,00	1,76	8,01	10,66	12,00	15,86	17,00	19,68	20,79	23,53	26,78	31,93	34,01

**SEZIONE A-A' ANTE
OPERAM CON
JANBU
Tutte le superfici**



Quote	537,12	537,99	541,63	542,12	543,23	544,35	545,76	546,41	547,53	548,13	549,66	551,64	551,85
Distanze Parziali	0,00	1,76	6,25	2,65	0,40	3,80	1,14	2,68	1,11	2,74	3,25	5,15	2,08
Distanze Progressive	0,00	1,76	8,01	10,66	12,06	15,86	17,00	19,68	20,79	23,53	26,78	31,93	34,01

ANALISI DI STABILITÀ DEI PENDII SEZIONE A-A' POST OPERAM

Lat./Long.	38,98374/16,58752
Normativa	[A1+M1+R1]
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3,55 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	550,35 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19,58 m
Ordinata vertice destro superiore ys	563,92 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] 2018

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	75,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45,0	0,81	2,29	0,3
S.L.D.	75,0	1,07	2,3	0,32
S.L.V.	712,0	2,93	2,45	0,38
S.L.C.	1462,0	3,86	2,48	0,41

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,1664	0,2	0,0238	0,0119
S.L.D.	1,5408	0,24	0,0377	0,0189
S.L.V.	3,8928	0,28	0,1112	0,0556
S.L.C.	4,6761	0,28	0,1335	0,0668

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1335
Coefficiente azione sismica verticale	0,0668

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	0.185		35.72	2.06		sabbia ghiaiosa	
2	0		32.28	1.94		rocce scistose	
3	0		37.88	2.18		Substrato roccioso consistente	

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (t/m ³)
1	0,29	537,11	1	1	3	0,3	0,3	2,1
2	14,53	539,84	0,8	2	4,49	0,3	0,8	2,1
3	27,78	544,32	0,8	2	5,5	0,3	0,5	2,1

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (t/m ²)
1	5,37	540,12	11,66	540,12	0,1
2	17,92	544,22	25,2	544,22	0,1

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con JANBU

Fs minimo individuato	1,39
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

$$x_c = 17,98 \quad y_c = 554,422 \quad R_c = 16,434 \quad F_s = 1,388$$

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,43	-24,8	2,68	3,11	0,42	0,21	0,0	32,3	0,0	4,3	2,2
2	2,18	-16,2	2,27	16,38	2,19	1,09	0,0	32,3	0,0	19,7	9,3
3	2,68	-7,5	2,71	33,56	4,48	2,24	0,0	37,9	0,0	36,5	20,7
4	2,43	1,5	2,43	31,66	4,23	2,12	0,0	37,9	0,0	40,6	22,8
5	2,43	10,0	2,47	30,76	4,11	2,05	0,0	37,9	0,0	36,9	21,0
6	2,43	18,8	2,57	27,76	3,71	1,85	0,0	37,9	0,0	32,0	19,0

SLOPE

7	3,32	30,0	3,83	29,11	3,89	1,94	0,0	37,9	0,0	33,0	21,4
8	1,55	40,2	2,02	35,29	4,71	2,36	0,0	37,9	0,0	40,8	29,9
9	2,43	50,4	3,82	35,72	4,77	2,39	0,0	37,9	0,0	43,4	38,2
10	2,43	69,1	6,81	20,05	2,68	1,34	0,0	32,3	0,0	33,3	42,4

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1] con FELLENIUS

Fs minimo individuato	1,56
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

xc = 17,98 yc = 554,422 Rc = 16,434 Fs=1,558

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,43	-24,8	2,68	3,11	0,42	0,21	0,0	32,3	0,0	3,2	-0,9
2	2,18	-16,2	2,27	16,38	2,19	1,09	0,0	32,3	0,0	15,5	-9,0
3	2,68	-7,5	2,71	33,56	4,48	2,24	0,0	37,9	0,0	36,1	0,1
4	2,43	1,5	2,43	31,66	4,23	2,12	0,0	37,9	0,0	43,2	5,3
5	2,43	10,0	2,47	30,76	4,11	2,05	0,0	37,9	0,0	40,7	11,0
6	2,43	18,8	2,57	27,76	3,71	1,85	0,0	37,9	0,0	34,7	15,1
7	3,32	30,0	3,83	29,11	3,89	1,94	0,0	37,9	0,0	32,5	22,3
8	1,55	40,2	2,02	35,29	4,71	2,36	0,0	37,9	0,0	37,7	28,6
9	2,43	50,4	3,82	35,72	4,77	2,39	0,0	37,9	0,0	27,4	38,8
10	2,43	69,1	6,81	20,05	2,68	1,34	0,0	32,3	0,0	7,3	25,3

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con BISHOP

Fs minimo individuato	1,56
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

xc = 17,98 yc = 554,422 Rc = 16,434 Fs=1,558

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,43	-24,8	2,68	3,11	0,42	0,21	0,0	32,3	0,0	3,2	-0,9
2	2,18	-16,2	2,27	16,38	2,19	1,09	0,0	32,3	0,0	15,5	-9,0
3	2,68	-7,5	2,71	33,56	4,48	2,24	0,0	37,9	0,0	36,1	0,1
4	2,43	1,5	2,43	31,66	4,23	2,12	0,0	37,9	0,0	43,2	5,3
5	2,43	10,0	2,47	30,76	4,11	2,05	0,0	37,9	0,0	40,7	11,0
6	2,43	18,8	2,57	27,76	3,71	1,85	0,0	37,9	0,0	34,7	15,1
7	3,32	30,0	3,83	29,11	3,89	1,94	0,0	37,9	0,0	32,5	22,3
8	1,55	40,2	2,02	35,29	4,71	2,36	0,0	37,9	0,0	37,7	28,6
9	2,43	50,4	3,82	35,72	4,77	2,39	0,0	37,9	0,0	27,4	38,8
10	2,43	69,1	6,81	20,05	2,68	1,34	0,0	32,3	0,0	7,3	25,3

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con MORGENSTERN-PRICE

Fs minimo individuato	1,95
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

$x_c = 17,98$ $y_c = 554,422$ $R_c = 16,434$ $F_s = 1,95$
 $\Lambda = 0,497$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	2,43	-24,83	2,68	3,11
2	2,18	-16,2	2,27	16,38
3	2,68	-7,5	2,71	33,56
4	2,43	1,46	2,43	31,66
5	2,43	10,02	2,47	30,76
6	2,43	18,8	2,57	27,76
7	3,32	30,0	3,83	29,11
8	1,55	40,23	2,02	35,29
9	2,43	50,41	3,82	35,72
10	2,43	69,06	6,81	20,05

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	2,44	4,92	0,0	0,0	-1,09	-0,35	0,0
2	14,76	29,71	2,44	4,92	-3,24	-1,05	0,0
3	25,48	51,28	14,76	29,71	22,64	9,03	0,0
4	32,65	65,7	25,48	51,28	36,36	14,5	0,0
5	35,21	70,85	32,65	65,7	39,06	15,58	0,0
6	34,31	69,05	35,21	70,85	34,99	13,96	0,0
7	29,84	60,04	34,31	69,05	31,89	12,72	0,0
8	23,56	47,42	29,84	60,04	34,37	13,71	0,0
9	11,27	22,68	23,56	47,42	16,21	6,46	0,0
10	0,0	0,0	11,27	22,68	-9,86	-3,19	0,0

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con SPENCER

Fs minimo individuato	1,95
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

xc = 17,98 yc = 554,422 Rc = 16,434 Fs=1,95
 Lambda = 0,497

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	2,43	-24,83	2,68	3,11
2	2,18	-16,2	2,27	16,38
3	2,68	-7,5	2,71	33,56
4	2,43	1,46	2,43	31,66
5	2,43	10,02	2,47	30,76
6	2,43	18,8	2,57	27,76
7	3,32	30,0	3,83	29,11
8	1,55	40,23	2,02	35,29
9	2,43	50,41	3,82	35,72
10	2,43	69,06	6,81	20,05

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	2,44	4,92	0,0	0,0	-1,09	-0,35	0,0
2	14,76	29,71	2,44	4,92	-3,24	-1,05	0,0
3	25,48	51,28	14,76	29,71	22,64	9,03	0,0
4	32,65	65,7	25,48	51,28	36,36	14,5	0,0
5	35,21	70,85	32,65	65,7	39,06	15,58	0,0
6	34,31	69,05	35,21	70,85	34,99	13,96	0,0
7	29,84	60,04	34,31	69,05	31,89	12,72	0,0
8	23,56	47,42	29,84	60,04	34,37	13,71	0,0
9	11,27	22,68	23,56	47,42	16,21	6,46	0,0
10	0,0	0,0	11,27	22,68	-9,86	-3,19	0,0

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con BELL

Fs minimo individuato	5,3
Ascissa centro superficie	8,36 m
Ordinata centro superficie	550,35 m
Raggio superficie	11,15 m

xc = 8,36 yc = 550,352 Rc = 11,147 Fs=5,298

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	0,88	-21,0	0,95	0,33	0,04	0,02	0,19	35,7	0,0	0,1	0,0
2	0,88	-16,1	0,92	0,9	0,12	0,06	0,19	35,7	0,0	-0,1	0,0

SLOPE

3	0,88	-11,4	0,9	1,35	0,18	0,09	0,19	35,7	0,0	-0,1	0,0
4	0,88	-6,8	0,89	1,61	0,22	0,11	0,19	35,7	0,0	-0,1	0,0
5	0,88	-2,3	0,88	1,74	0,23	0,12	0,19	35,7	0,0	0,0	0,0
6	0,88	2,3	0,88	1,74	0,23	0,12	0,19	35,7	0,0	0,1	0,0
7	0,88	6,8	0,89	1,61	0,22	0,11	0,19	35,7	0,0	0,2	0,1
8	0,88	11,4	0,9	1,35	0,18	0,09	0,19	35,7	0,0	0,3	0,1
9	0,88	16,1	0,92	0,93	0,12	0,06	0,0	32,3	0,0	0,2	0,0
10	0,88	21,0	0,95	0,32	0,04	0,02	0,0	32,3	0,0	0,1	0,0

Risultati analisi pendio [[A1+M1+R1]] con SARMA

Fs minimo individuato	1,99
Ascissa centro superficie	17,98 m
Ordinata centro superficie	554,42 m
Raggio superficie	16,43 m

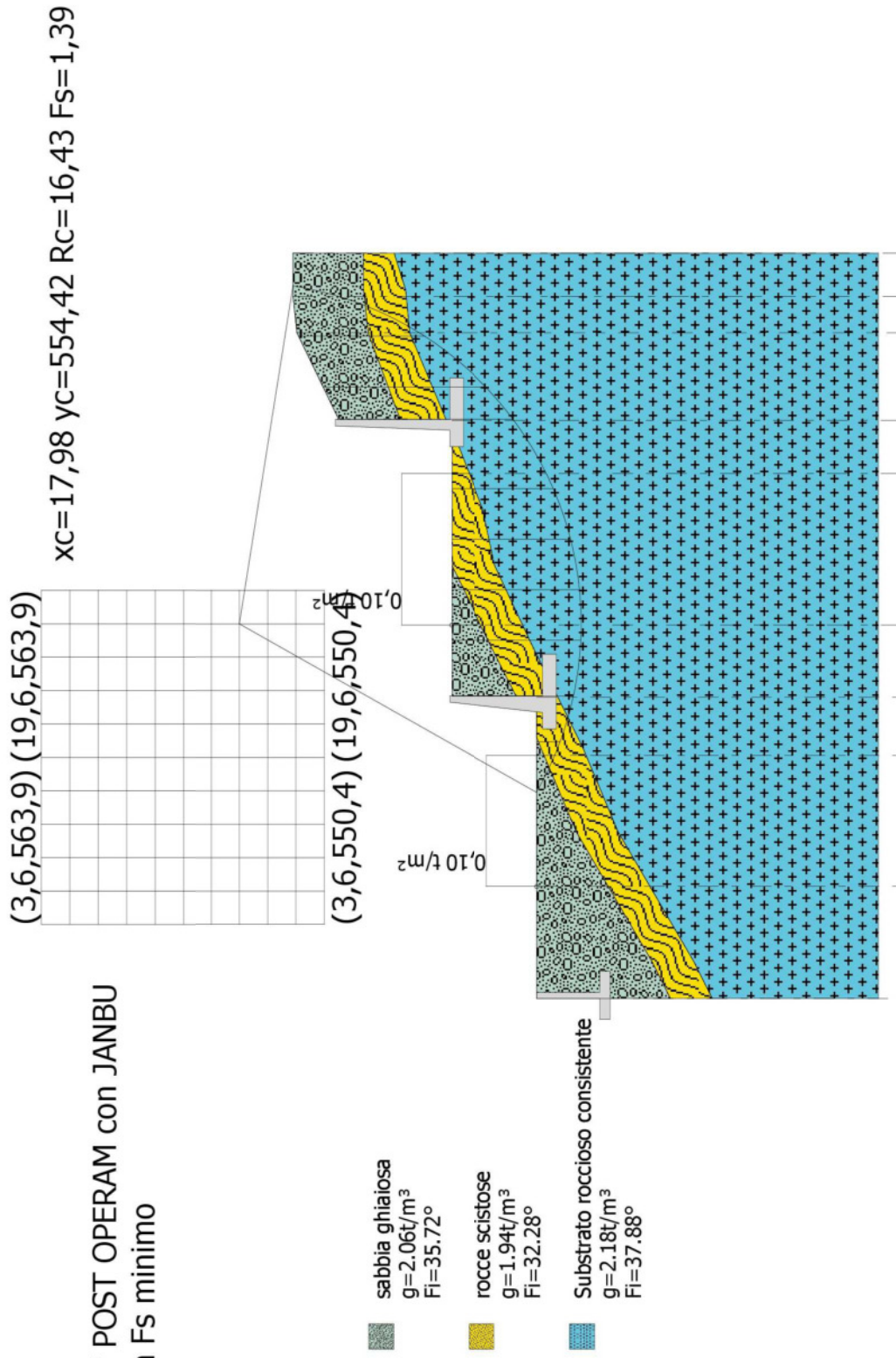
xc = 17,98 yc = 554,422 Rc = 16,434 Fs=1,99

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)
1	2,43	-24,83	2,68	3,11
2	2,18	-16,2	2,27	16,38
3	2,68	-7,5	2,71	33,56
4	2,43	1,46	2,43	31,66
5	2,43	10,02	2,47	30,76
6	2,43	18,8	2,57	27,76
7	3,32	30,0	3,83	29,11
8	1,55	40,23	2,02	35,29
9	2,43	50,41	3,82	35,72
10	2,43	69,06	6,81	20,05

Sforzi sui conci

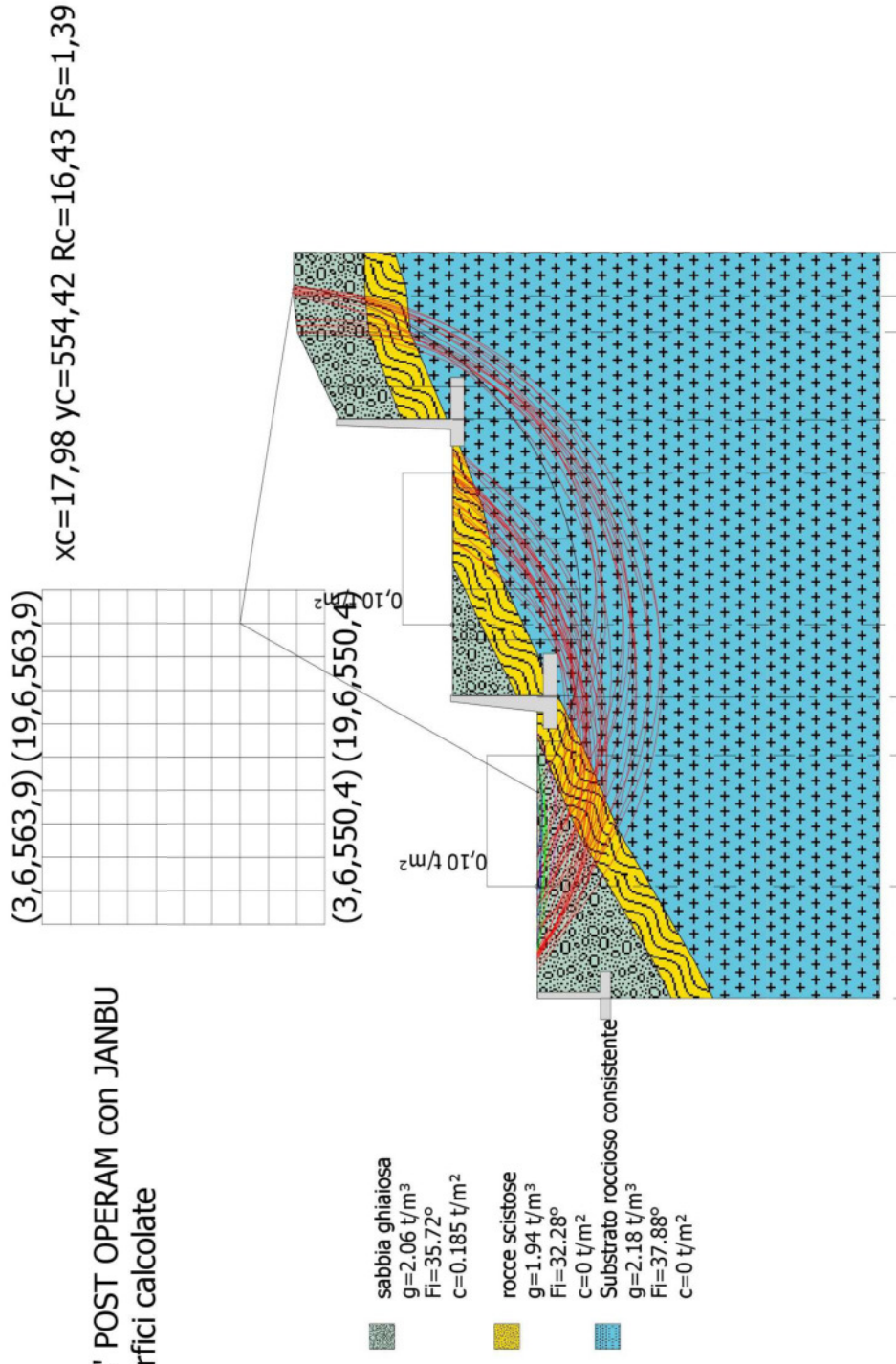
Nr.	Xi (t)	Ei (t)	Xi-1 (t)	Ei-1 (t)	N'i (t)	Ti (t)	Ui (t)
1	-0,59	2,97	0,0	0,0	4,78	1,52	0,0
2	-6,99	22,85	-0,59	2,97	26,14	8,3	0,0
3	-48,57	59,85	-6,99	22,85	79,9	31,24	0,0
4	-36,96	62,95	-48,57	59,85	19,86	7,76	0,0
5	-24,28	62,53	-36,96	62,95	17,17	6,71	0,0
6	-13,57	59,65	-24,28	62,53	15,9	6,22	0,0
7	-4,99	52,71	-13,57	59,65	19,33	7,56	0,0
8	-17,05	38,0	-4,99	52,71	46,61	18,22	0,0
9	-6,94	19,08	-17,05	38,0	27,29	10,67	0,0
10	0,0	0,0	-6,94	19,08	20,05	6,36	0,0

SEZIONE A-A' POST OPERAM con JANBU
Superficie con Fs minimo



Quote	537,12	540,12	540,12	540,12	540,12	540,12	544,22	544,22	544,22	551,66	551,85	551,85	551,85
Distanze Parziali	0,00	5,37	11,66	14,45	17,92	25,20	27,75	31,96	33,69	35,77			
Distanze Progressive	0,00	5,37	16,29	30,74	48,66	73,86	101,61	132,57	166,86	203,63	242,86	284,53	328,63

SEZIONE A-A' POST OPERAM con JANBU
Tutte le superfici calcolate



Quote	537,12	540,12	540,12	540,12	540,12	540,12	544,22	544,22	544,22	544,22	551,66	551,85	551,85	551,85
Distanze Parziali	0,00	5,37	6,29	2,79	540,12	17,92	3,47	544,22	7,28	2,55	4,03	1,73	2,08	35,77
Distanze Progressive	0,00	5,37	11,66	14,45	17,92	25,20	27,75	31,96	33,69	35,77				

Planimetria in scala 1:500 con
ubicazione traccia della sezione di
stabilità del pendio

