



REGIONE CALABRIA



PROVINCIA DI CROTONE



COMUNE DI CROTONE



COMUNE DI SCANDALE

Proponente	Genera SRL		 Partnered by: 		
Progettazione	Ing. Fabio Domenico Amico Via Milazzo, 17 40121 Bologna f.amico@green-go.net		Studio Archeologico	Dott. Marco di Lieto Viale T. Campanella n. 186 int. 9/G 88100 – Catanzaro dilieto@pec.it	
SIA Studio paesaggistico	Ing. Fabio Domenico Amico Via Milazzo, 17 40121 Bologna f.amico@green-go.net		Studio di Compatibilità Agronomica e naturalistica	Dott. Antonio Fruci C.da Frassà snc 88025 Maida (CZ) a.fruci@libero.it	
Rendering Fotosimulazioni	Dott. Francesca Paiar Via Rucci 12 88044 Marcellinara (CZ) federica.paiar@legalmail.it		Studio Geologico e Idrogeologico	Dott. Carlo Lappano Via T.Tasso, 8° 87036-Rende (CS) c.lappano@libero.it	
Opera	Progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico e opere connesse nei Comuni di Crotona (KR) e Scandale (KR), denominato San Biagio				
Oggetto	Identificativo file elaborato: SNBSSOR02-00				
	Titolo elaborato: Relazione geologica - idrologica				
00	09/09/2021	Emissione per progetto definitivo	Dott. Carlo Lappano	Ing. Fabio Domenico Amico	Genera Srl
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione

~ INDICE ~

Sezione 1. Relazione geologica descrittiva

1 - PREMESSA	2
2 – MORFOLOGIA DELL’AREA	4
3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
4 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	7
5 – CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	8
6 – ZONIZZAZIONE SISMICA	23
7 - MODELLO GEOLITOLOGICO DEL TERRENO	40
8 - LIQUEFAZIONE.....	120
9 - STUDIO DELLE PERICOLOSITA’ GEOLOGICHE	120
10 - CONCLUSIONI.....	120
11 - CONFORMITA’ AL P.A.I	122

1 - PREMESSA

Lo studio geologico-tecnico cui si riferisce la presente relazione, eseguito per conto della Società GENERA S.r.l. riguarda la caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica di un'area, sita nei Comuni di Crotona e Scandale (KR) in cui realizzare un impianto fotovoltaico denominato "San Biagio", nell'ambito del progetto di "PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO ED OPERE CONNESSE NEI COMUNI DI CROTONE (Kr) E SCANDALE (Kr), DENOMINATO SAN BIAGIO".

Per i particolari tecnici si rimanda agli appositi allegati redatti dal progettista incaricato.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio possono sintetizzarsi in:

- conoscenza dell'assetto morfologico, litologico e geotecnico delle formazioni presenti;
- valutazione della presenza di falde idriche che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e delle strutture;
- determinazione degli spessori dei terreni affioranti al di sotto del livello di ancoraggio delle strutture previste in progetto e delle loro caratteristiche geotecniche.

Si è, pertanto, proceduto con il rilevamento di campagna per un'area sufficientemente ampia, l'esame aerofotogrammetrico ed uno studio accurato di tutta la bibliografia di carattere storico e di carattere geologico sul territorio in oggetto, nonché la consultazione della Carta Geologica della Calabria in scala 1:25.000 redatta dall'I.G.M. e le relative note illustrative.

Il seguente elaborato è stato realizzato in ottemperanza alle disposizioni di legge in vigore:

- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64:** "*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*";
- **Decreto Ministero LL.PP. 11.03.1988:** "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- **Circolare Ministero LL.PP. 24.09.1988, n. 30483:** "*Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11.03.88*";
- **Decreto Ministero LL.PP. 16 .01.1996:** "*Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica*" (*Ex D.M. 24.01.1986*);
- **Legge Regionale 27.04.1998, n. 7:** "*Disciplina per le costruzioni ricadenti in zone sismiche. Snellimento delle procedure in attuazione dell'art. 20 della Legge 10.12.81, n. 741*" (*Ex L.R. n. 17 del 11.07.94, dell'art. 17 Legge 18.05.1989 n. 183, dell'art. 1 Legge 3.08.1998 n. 267*);
- **D.P.R. 06.06.2001, n. 380:** "*Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*";
- **D.L. 180/98 PAI - Regione Calabria:** *Delibera Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001; NAMS entrate in vigore il 28.03.2002;*

- **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.:** “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”;
- **Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006:** “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”;
- **Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC); NTC2018, DECRETO 17 gennaio 2018.- Normativa tecnica costruzioni.**

Le indagini dell’area sono, inizialmente, consistite in:

- rilevamento geologico di campagna e ricerca bibliografica;
- ricostruzione stratigrafica dei luoghi in base anche ad affioramenti esistenti nei pressi del sito;
- determinazione degli spessori dei terreni affioranti al di sotto del piano di posa delle fondazioni e delle loro caratteristiche geotecniche;
- valutazione di eventuali processi morfologici ed azioni di dissesto potenziali o in atto.

Successivamente, al fine di determinare con accuratezza i parametri geotecnici e le caratteristiche litostatigrafiche, è stata predisposta la seguente campagna di indagine geognostica:

n° 4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti.

N° 1 indagine sismica attraverso metodo MASW

Riferimenti cartografici:

*Foglio 238 della Carta Geologica della Calabria in scala 1:25.000 CASMEZ quadrante III S.E.
e 238 III S.O. denominate “Crotona e Cutro”.*

Coordinate geografiche del sito:

sistema WGS:

Latitudine = 39,064977

Longitudine =17,085181

sistema ED50:

Latitudine = 39,065993

Longitudine =17,085968

2 – MORFOLOGIA DELL'AREA

L'area in esame è caratterizzata da una morfologia da sub-pianeggiante a poco inclinata, collocata su ampie superfici ben livellate di sommità collinare, che bordano ad Ovest la città di Crotona, strutturati con tipiche forme di "Alto Morfologico".

Localmente, tali spianate, sono interrotte da locali solchi o incisioni generati dallo scorrimento idrico superficiale ad opera delle acque piovane. Tali incisioni si presentano da accennate a profonde con talora tendenza ad evoluzione verso forme più profonde tali da creare zone di impluvi in via di individuazione in cui si innesca la rete idrica fluviale di primo ordine o allo stato embrionale.

La tendenza morfologica di tali incisioni è legata alle pendenze presenti nel sito ed agli apporti idrici meteorici. Ci si deve porre, pertanto, l'obiettivo di mitigare tale effetto evolutivo in atto e di limitare quanto più possibile lo scorrimento idrico superficiale, attraverso la realizzazione di un efficace sistema di regimentazione idrica superficiale.

L'intera area terrazzata è bordata da ripidi e localmente ampi versanti. Nelle zone esposte verso Sud e verso Est, tali versanti assumono maggiori ampiezze e maggiori pendenze, dell'ordine di valori compresi tra 75 e 80 metri di dislivello. Verso Nord e verso Ovest, invece essi assumono forme meno esasperate e geometrie più variabili.

La quota altimetrica varia da circa 125 m a circa 135 m s.l.m.

Le caratteristiche morfologiche dell'area sono chiaramente derivanti dalla natura dei terreni che vi affiorano e dal loro assetto stratigrafico.

L'aspetto morfologico locale dell'area deriva dalla lenta azione erosiva e di dilavamento delle unità sabbiose e ghiaiose poste sopra le unità argillose, in concomitanza all'azione neotettonica responsabile, a partire dal Pliocene e tuttora attiva, del sollevamento del massiccio silano; generando quindi, geometrie morfologiche addolcite e ben modellate e rilievi caratterizzati da pendenze variabili, legate alla fitta rete idrica superficiale presente nell'area.

L'area in cui è previsto la realizzazione dell'impianto fotovoltaico morfologicamente si presenta quindi stabile. Non sono state riscontrate, infatti, forme riconducibili a fenomeni di dissesto gravitativo tanto in atto quanto allo stato quiescente.

Verso Ovest si passa nel dominio collinare, dove si sviluppa il tracciato del cavidotto a servizio dell'impianto fotovoltaico in progetto, e più avanti, dove si colloca la sottostazione di trasformazione. L'intera area appare morfologicamente stabile, tranne in alcuni punti, nei pressi del centro abitato di Papanice, dove la morfologia appare più esasperata, caratterizzata da stretti crinali che sono soggetti a potenziali rimodellamenti morfologici e quindi a locali distacchi e piccole e locali frane. Tale area è, inoltre, segnalata nell'ambito del PAI 2016, come zona franosa con indice di rischio "R2". L'area dove verrà posizionata la sottostazione di trasformazione appare morfologicamente stabile.

L'accessibilità ai luoghi e, quindi, la morfologia favorevole non hanno creato nessun ostacolo allo studio di campagna ed all'esecuzione delle indagini, anzi la presenza del litotipo affiorante nell'area in oggetto ha agevolato tale compito permettendo un rilevamento geologico piuttosto spedito.

Localmente, e in piccole porzioni del sito sono stati comunque individuati piccoli eventi di dissesto gravitativo, legato allo scorrimento idrico incontrollato ed alle elevate pendenze dei versanti che bordano l'area. Tali zone sono state opportunamente indicate nell'apposita carta geomorfologica allegata. Si tratta di piccoli e movimenti franosi poco profondi, di tipo scorrimento superficiale. Essi non incidono direttamente con le strutture previste in progetto.

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata in termini di individuazione delle singole unità litologiche, modalità ed età della loro messa in posto, caratteri evolutivi e reciproci rapporti geometrici, definizione e caratteri delle acque di scorrimento superficiali e profonde.

In particolare il territorio del Comune di Crotona ricade nella parte posta più ad Est del Bacino Crotonese o del Marchesato. Il bacino rappresenta un ben definito dominio geologico che comprende quella porzione di territorio della Calabria che si estende dal margine orientale del massiccio silano. L'area riveste un estremo interesse sia per la comprensione della dinamica delle ultime fasi tettoniche dell'orogenesi calabro-peloritano sia per la definizione dei caratteri geometrici di raccordo tra le strutture del mar Tirreno e del bacino ionico. In generale, il bacino sedimentario in interesse è costituito da depositi neogenici, poggiati sul substrato cristallino, separati dal massiccio della Sila ad Ovest da una scalinata di faglie dirette ad andamento Nord-Sud che si propagano verso Est.

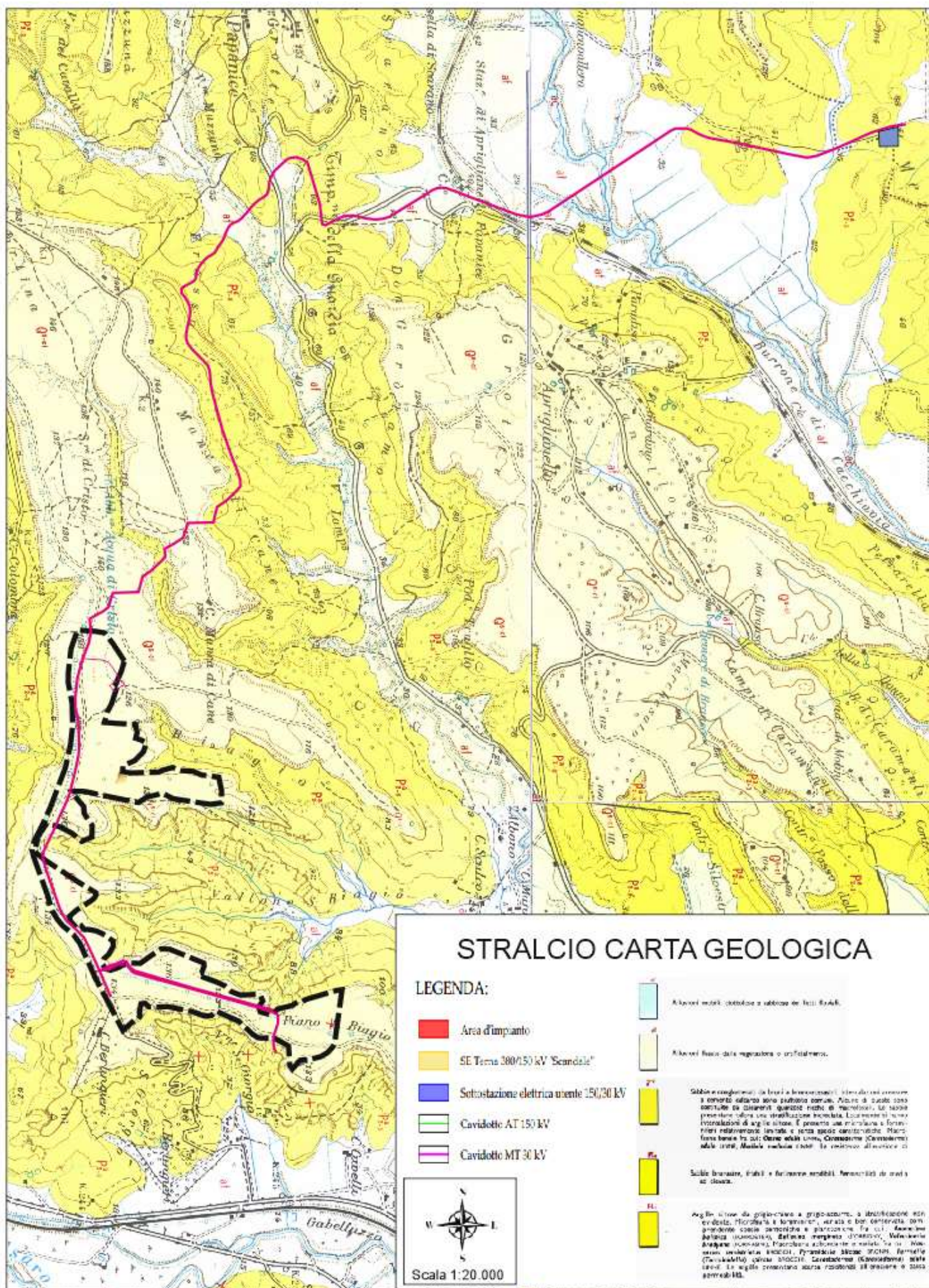
In linea di massima il territorio di Crotona è interessato da terreni sedimentari mio-pliocenici e pleistocenici di origine marina e localmente continentale disposti in toto sulle rocce cristalline paleozoiche.

Risulta, pertanto, che nel sito oggetto di studio e per un'area mediamente estesa affiorano argille siltose grigio azzurre di età Pliocenica, aventi un elevato spessore, ricoperte localmente da un esiguo strato di sabbie, e localmente calcareniti, risalenti al Pleistocene. L'intero ciclo sedimentario si colloca sui conglomerati miocenici composti da rocce prevalentemente cristalline.

Verso Ovest si passa nel dominio morfologico prevalentemente collinare, dove prevalgono le unità geologiche neogeniche rappresentate da sabbie di origine marina plioceniche, ben selezionate e caratterizzate da elevata permeabilità e facilmente erodibili e da argille siltose plioceniche. Tali unità si alternano con le formazioni sabbiose e ghiaiose quaternarie, presenti in corrispondenza dei letti fluviali e delle vallate. In tale zona si sviluppa il tracciato del cavidotto a servizio dell'impianto in progetto. Mentre l'area per l'ubicazione della sottostazione di trasformazione, si colloca in una zona pianeggiante caratterizzata dalla presenza di unità plioceniche rappresentate da argille siltose grigio-chiare, dotate di bassa permeabilità.

Le unità geologiche prevalenti sono, quindi, limi sabbiosi e sabbie localmente calcarenitiche, avente spessore variabile tra 2 e 8 metri, disposte sulle argille plioceniche, le quali si presentano da poco consistenti nella porzione più superficiale a consistenti in profondità. Nella porzione sommitale esse appaiono siltoso-sabbiose ed assumono un aspetto molliccio.

Diversi fronti di scavo presenti nell'area permettono una conoscenza diretta della litologia affiorante mentre, per i depositi più profondi si fa riferimento alla bibliografia geologica disponibile ed alle indagini condotte nel sito.



4 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'idrogeologia di una zona è regolata dai caratteri fisici e dal grado di permeabilità dei litotipi che la costituiscono oltre che dai rapporti giacitureali fra le varie formazioni affioranti e dalla tettonica.

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche superficiali dell'area esaminata si può dire che tale zona è caratterizzata complessivamente, vista la litologia, da un assorbimento meteorico medio-alto nella parte sommitale, per via della presenza di unità prevalentemente limose e sabbiose, le quali assorbono l'acqua piovana trattenendola e rilasciandola lentamente alle unità sottostanti, composte da limo e argilla poco permeabili. Al contatto tra i due litotipi, caratterizzati da differenti valori di permeabilità, si creeranno modeste zone di accumulo idrico sotterraneo con formazione di vere e proprie falde acquifere generalmente poco spesse e di modesto portata. Tali valori sono legati direttamente agli apporti idrici meteorici stagionali.

Infatti, la presenza di depositi a granulometria fine, posta nelle zone sommitali, favorisce l'assorbimento delle acque meteoriche determinando, quindi, un'accentuata tendenza alla saturazione delle coltri più superficiale.

Le naturali pendenze, dei versanti, che bordano l'area e l'esistenza di alcuni fossi presenti nel sito, favoriscono comunque l'allontanamento delle acque meteoriche verso valle, In alcune zone in modo incontrollato con innesco di azioni di accentuata erosione. La circolazione idrica sotterranea sarà, pertanto, di tipo primaria, (porosità del litotipo) nelle unità sedimentarie, caratterizzate da differenti valori di permeabilità. Tali valori variano da medio-elevati ($K_1 = 1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec nelle unità pleistoceniche "limi e sabbie o calcareniti", a $K_2 = 1 \cdot 10^{-6}$ cm/sec nelle unità plioceniche "argille e limi argillosi".

Il livello della falda si potrebbe collocare in corrispondenza delle unità geologiche dotate di maggiore porosità a contatto con quelle impermeabili, individuato intorno a 4-5 m dal p.c.

Piccole falde si instaurano, comunque, durante i periodi piovosi in tutta l'area, creando locali ristagni e stati di temporanea saturazione anche a quote superficiali, sarà pertanto, possibile rinvenirle occasionalmente tra gli orizzonti, caratterizzati da diversa compattezza, permeabilità e granulometria all'interno delle unità sedimentarie plioceniche.

5 – CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine della determinazione dell'esatto schema lito-stratigrafico, geotecnico e sismico dell'area di studio è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche consistite in:

- n° 5 Prove penetrometriche superpesanti
- n° 3 MASW
- n° 3 stese sismiche a rifrazione

Documentazione fotografica



Sismica Rifrazione 1



Sismica Rifrazione 2



Sismica Rifrazione 3



MASW Rifrazione 3



MASW Rifrazione 1



MASW Rifrazione 2

INDAGINE GEOFISICA

Nell'area in esame è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche, al fine di definire i principali caratteri elastici dinamici dei terreni presenti. Pertanto per tale scopo è stata realizzata una prospezione sismica a rifrazione ad onde P, finalizzata esclusivamente alla definizione di un profilo verticale delle onde di taglio (Vs), mediante un'analisi della dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh, nota in letteratura come *Multichannel Analysis Of Surface Waves (MASW)*. Per ulteriori informazioni sulle caratteristiche delle apparecchiature utilizzate e sugli elaborati prodotti: **la curva di dispersione** della velocità di fase delle onde R in relazione alla frequenza; **il profilo delle Vs** al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine; **la tabella dei valori di Vs** per orizzonti omogenei di velocità; si rimanda al report delle indagini geofisiche, in allegato alla relazione geologica.

CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE

Sismografo modulare Geometrics Geode a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, ad elevata dinamica, avente le seguenti caratteristiche principali:

- *Range dinamico: 144 dB di sistema.*
- *Distorsione: 0.0005 % @ 2.0 ms.*
- *Banda di acquisizione: 1.75-20.000 Hz.*
- *Accuratezza trigger: 1/32 del passo di campionamento.*
- *Impedenza: 20 Kohm.*
- *Filtri in acquisizione: LowCut: 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz 24/48 dB/Octave, Butterworth. Notch: 50, 60, 180 Hz. HighCut: 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Hz 24/48 dB/Octave.*
- *Intervallo di campionamento: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 msec.*
- *Lunghezza di registrazione: 16.384 campioni.*
- *Pre-trigger: fino a tutta la lunghezza di registrazione.*
- *Delay: da 0 a 9999 ms in passi di una lunghezza di intervallo.*

Per il rilievo della velocità del moto del suolo sono stati utilizzati geofoni *Geospace*, con frequenza di oscillazione di 4.5 Hz.

PROSPEZIONE SISMICA TIPO M.A.S.W.

È stata realizzata una prospezione sismica a 20 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica di 1 metro. È stata eseguita un'elaborazione su un sismogramma ottenuto da un punto di energizzazione posto a 4 metri dal primo geofono. La tecnica si basa sullo studio della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R), nota in letteratura come Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW). Il sismogramma è stato oggetto di filtraggio per l'eliminazione delle alte frequenze e "depurato" dalle onde di volume, al fine di ottenere dei picchi d'ampiezza nelle oscillazioni relative alle onde di superficie.

Successivamente si è passati alla rappresentazione delle tracce sismiche su un diagramma che mette in relazione le frequenze con le velocità di fase. Su di esso s'individuano, come zone di massima ampiezza, gli allineamenti attribuibili alle onde di Rayleigh, da cui si ottiene la variazione delle velocità di queste ultime con il variare della loro frequenza, o lunghezza d'onda. Essendo la profondità di propagazione di questo tipo di onde dipendente dalla frequenza, sarà possibile correlare le velocità alle varie frequenze con le profondità. Quest'ultimo passo, successivo alla definizione della curva di dispersione, si ottiene mediante un processo d'inversione, che porta al risultato finale, costituito da un profilo verticale delle velocità delle onde trasversali (Vs), posto al centro della stesa di geofoni.

Le velocità di fase delle onde di Rayleigh (Vr), in un mezzo omogeneo, sono legate a quelle di volume dalla seguente relazione:

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24 - 16 V_s^2 / V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16 V_s^6 / V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

In un mezzo non omogeneo le velocità delle onde di volume (Vp e Vs) variano con la profondità. Le velocità di fase delle onde di Rayleigh mostrano velocità differenti per differenti valori di frequenza e sono fortemente legate ai valori delle velocità delle onde trasversali. Ciò consente di passare da modelli frequenza/velocità di fase delle onde di Rayleigh a modelli monodimensionali Vs/profondità.

Gli elaborati forniti contengono:

- *la curva di dispersione della velocità di fase delle onde R in relazione alla frequenza;*
- *il profilo delle Vs al centro dello stendimento fino alla massima profondità di indagine;*
- *la tabella dei valori di Vs per orizzonti omogenei di velocità;*
- *il valore medio delle Vs, pesato sugli spessori, estrapolato fino a 30 metri di profondità.*

MASW 1

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce.....
 Numero di ricevitori 32
 Distanza tra i sensori: 1m
 Numero di campioni temporali..... 2000
 Passo temporale di acquisizione..... 1ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 32
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

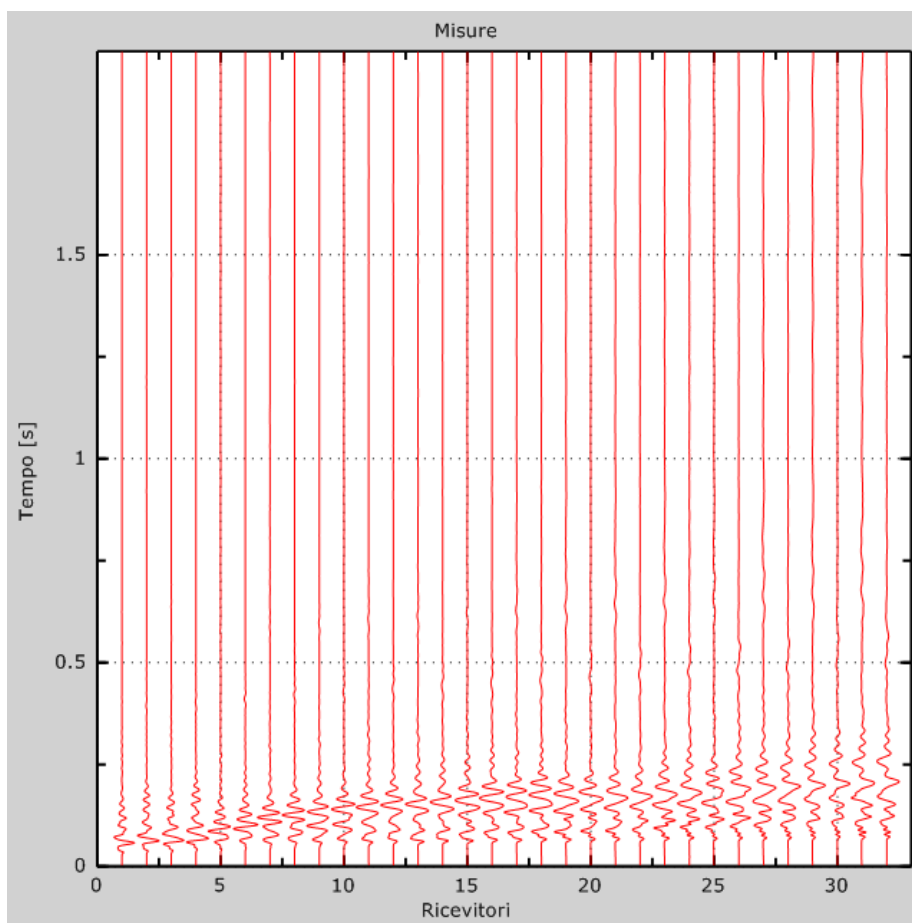


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale70Hz
 Frequenza iniziale.....2Hz

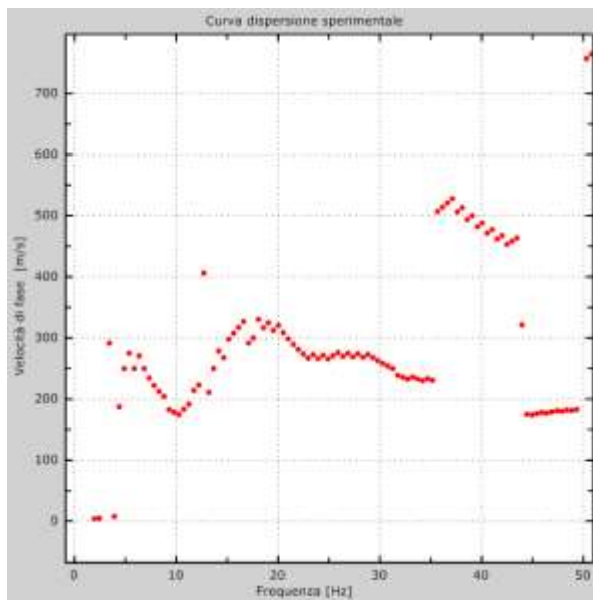


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.00972	386.884	366.219	407.549
3.20891	303.589	273.596	333.581
5.40007	233.607	216.944	250.269
8.82374	163.625	140.297	186.952
15.945	316.919	283.594	350.243
49.497	183.619	150.295	216.944

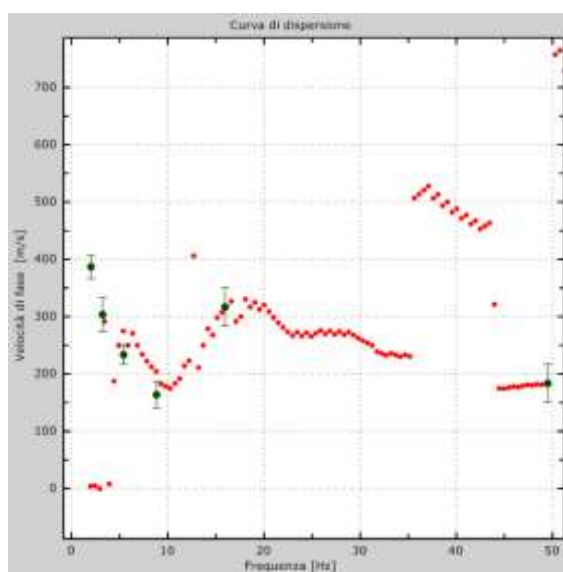


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	3
Spaziatura ricevitori [m]	1m
Numero ricevitori	32

Numero modi10

Strato 1

h [m]9
 z [m] -9
 Densità [kg/m³].....1550
 Poisson0.40
 Vs [m/s]180
 Vp [m/s].....441
 Vs min [m/s]102
 Vs max [m/s].....270
 Vs fin.[m/s].....180

Strato 2

h [m]2
 z [m] -11
 Densità [kg/m³].....1700
 Poisson0.37
 Vs [m/s]340
 Vp [m/s].....748
 Vs min [m/s]102
 Vs max [m/s].....510
 Vs fin.[m/s].....340

Strato 3

h [m]23
 z [m] -34
 Densità [kg/m³].....1700
 Poisson0.42
 Vs [m/s]300
 Vp [m/s].....808
 Vs min [m/s]91
 Vs max [m/s].....450
 Vs fin.[m/s].....300

Strato 4

h [m]0
 z [m] -∞
 Densità [kg/m³].....1800
 Poisson0.43
 Vs [m/s]410
 Vp [m/s].....1170
 Vs min [m/s]215
 Vs max [m/s].....615
 Vs fin.[m/s].....410

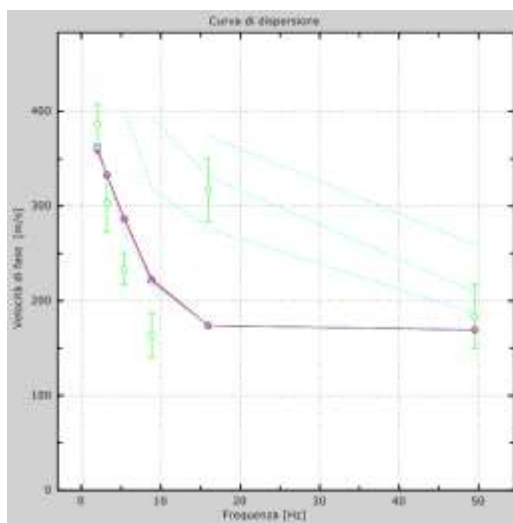


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

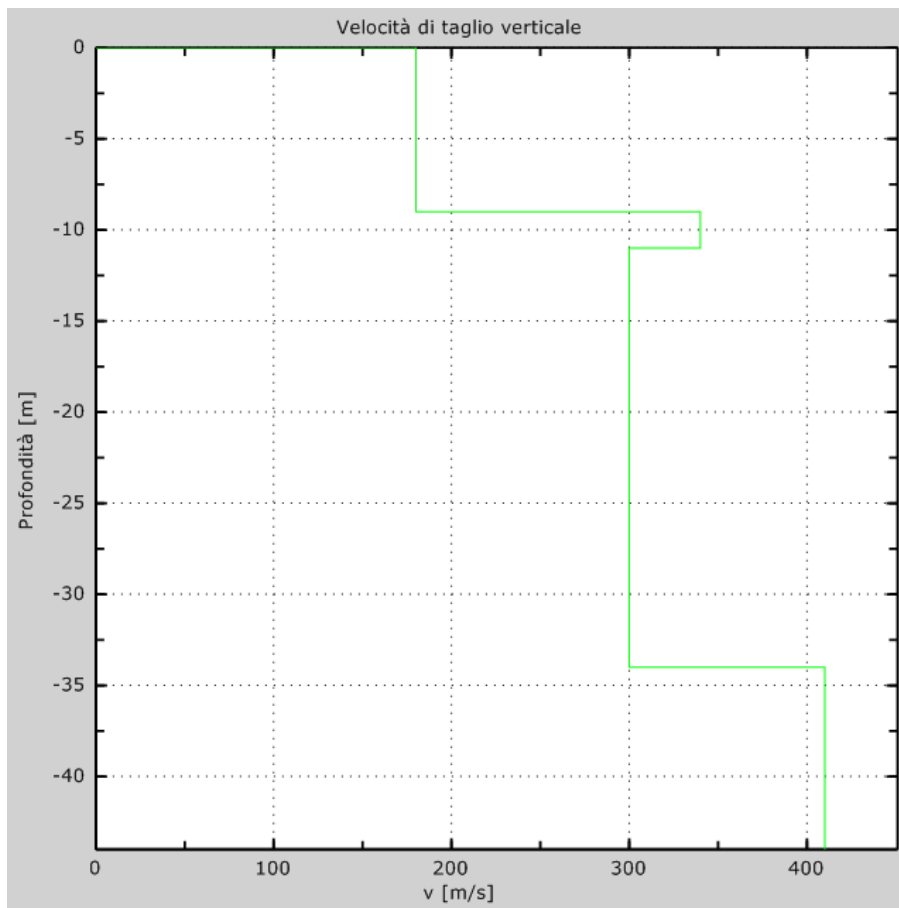


Figura 5: Profilo Vs numerico

Profondità-VS

Profilo Profondità-VS Mediato

Profondità dal p.c. (al centro della stesa sismica)	Velocità delle onde di taglio VS	Profondità dal p.c. (al centro della stesa sismica)	Velocità delle onde di taglio VS
- 9,00 m	180m/sec	- 9,00 m	180m/sec
-11,0 m	340m/sec	- 34,0 m	300m/sec
- 34,0 m	300m/sec		
- oo	410m/sec	- oo	410m/sec

MASW 2

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce.....
 Numero di ricevitori 32
 Distanza tra i sensori: 1m
 Numero di campioni temporali..... 2000
 Passo temporale di acquisizione..... 1ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 32
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a1999ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

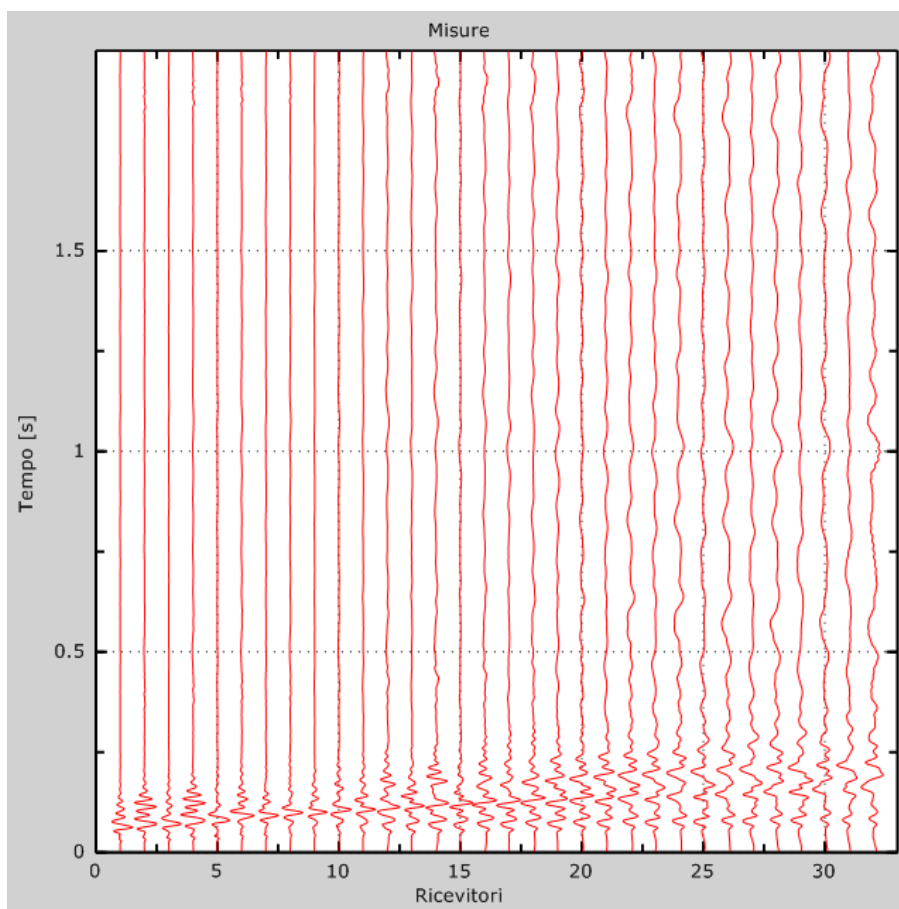


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale70Hz
 Frequenza iniziale.....2Hz

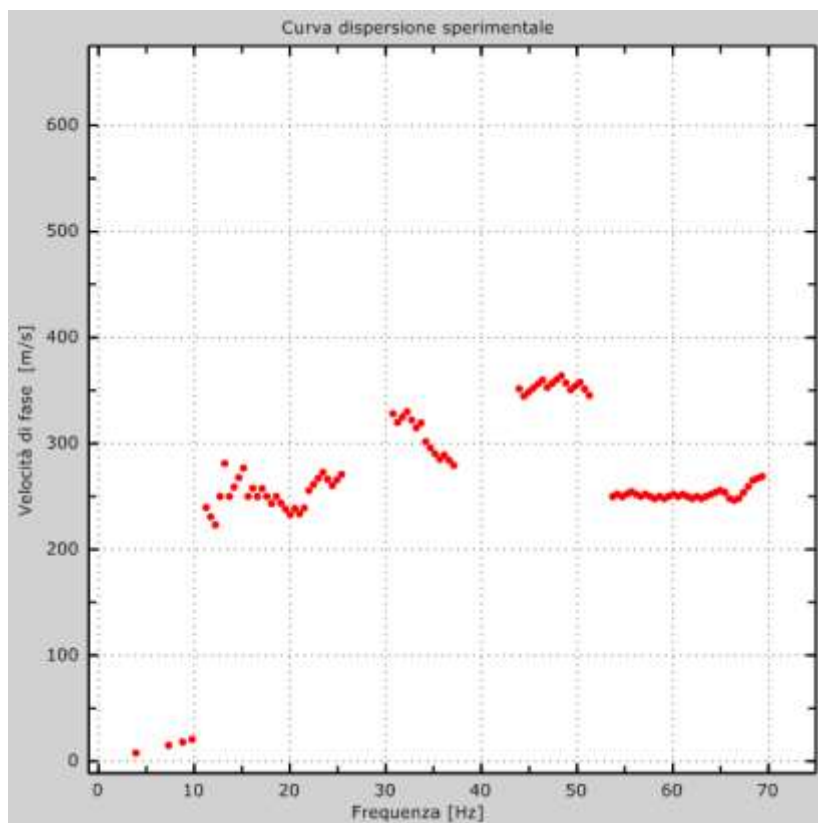


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
4.97802	364.7	343.497	385.902
6.9659	253.385	237.483	269.287
11.1518	195.185	172.587	217.782
22.6554	229.081	203.659	254.503
53.6054	234.73	209.308	260.152
66.3415	234.73	209.308	260.152

Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	3
Spaziatura ricevitori [m].....	1m
Numero ricevitori	32
Numero modi.....	10

Strato 1

h [m]	9
z [m]	-9
Densità [kg/m ³]	1550
Poisson.....	0.40
Vs [m/s]	200
Vp [m/s].....	490
Vs min [m/s].....	130
Vs max [m/s]	300
Vs fin.[m/s].....	200

Strato 2

h [m]	12
z [m]	-21
Densità [kg/m ³]	1600
Poisson.....	0.42
Vs [m/s]	282
Vp [m/s].....	759
Vs min [m/s].....	127
Vs max [m/s]	423
Vs fin.[m/s].....	282

Strato 3

h [m]	14
z [m]	-35
Densità [kg/m ³]	1700
Poisson.....	0.43
Vs [m/s]	400
Vp [m/s].....	1141
Vs min [m/s].....	108
Vs max [m/s]	600
Vs fin.[m/s].....	400

Strato 4

h [m]	0
z [m]	-∞
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson.....	0.43
Vs [m/s]	400
Vp [m/s].....	1141
Vs min [m/s].....	203
Vs max [m/s]	600
Vs fin.[m/s].....	400

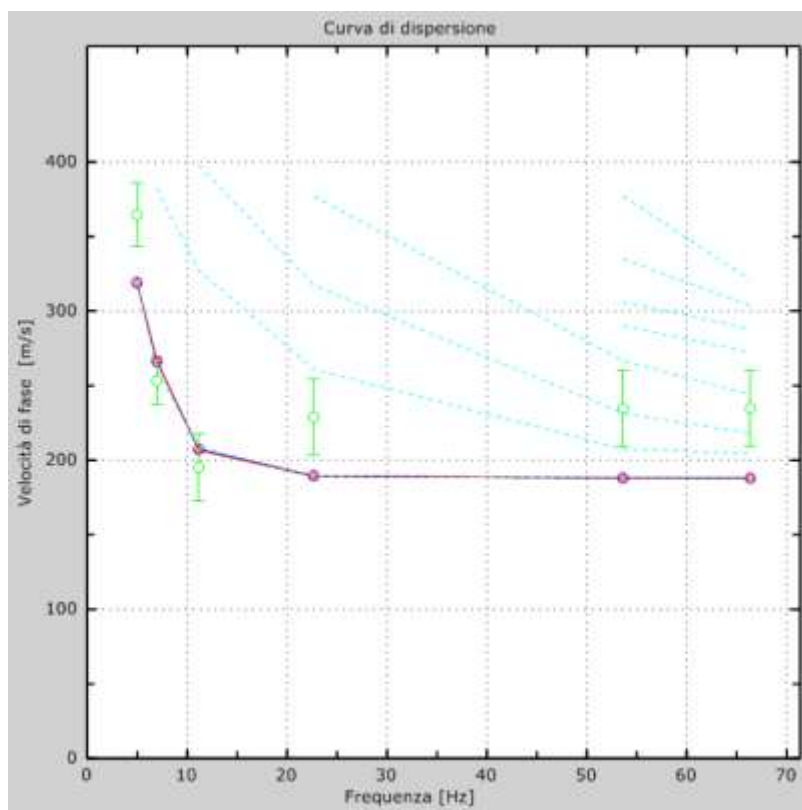


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

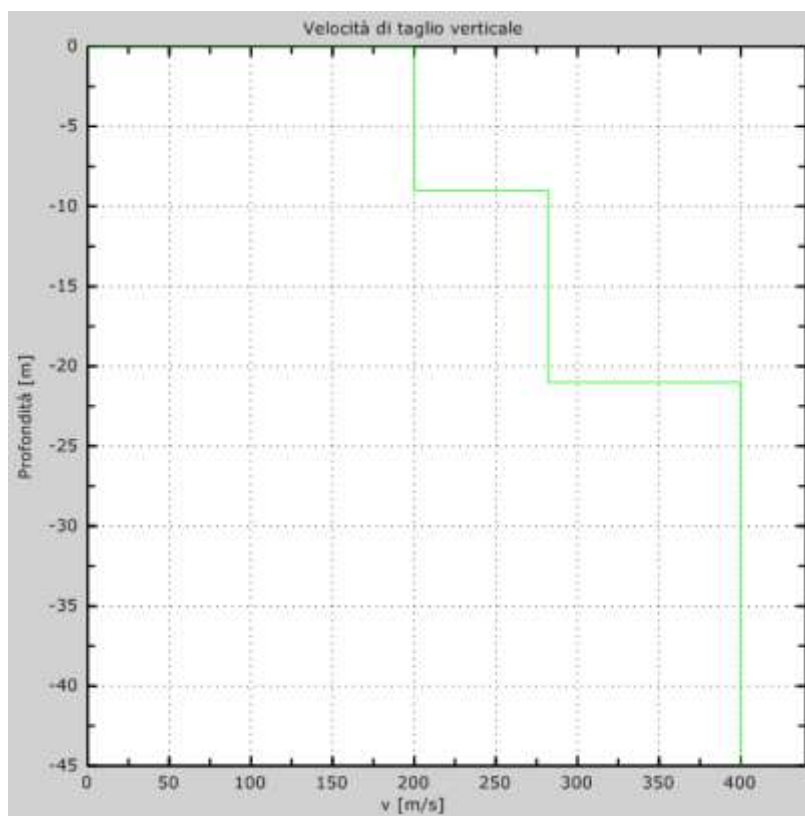


Figura 5: Profilo Vs numerico
Sintesi profondità-VS

Profondità dal p.c. (al centro della stesa sismica)	Velocità delle onde di taglio VS
- 9,00 m	200 m/sec
- 21,0 m	282 m/sec
- 35,0 m	400 m/sec

MASW 3

1 - Dati sperimentali

Nome del file delle tracce.....
Numero di ricevitori 32
Distanza tra i sensori: 1m
Numero di campioni temporali..... 2000
Passo temporale di acquisizione..... 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi..... 32
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

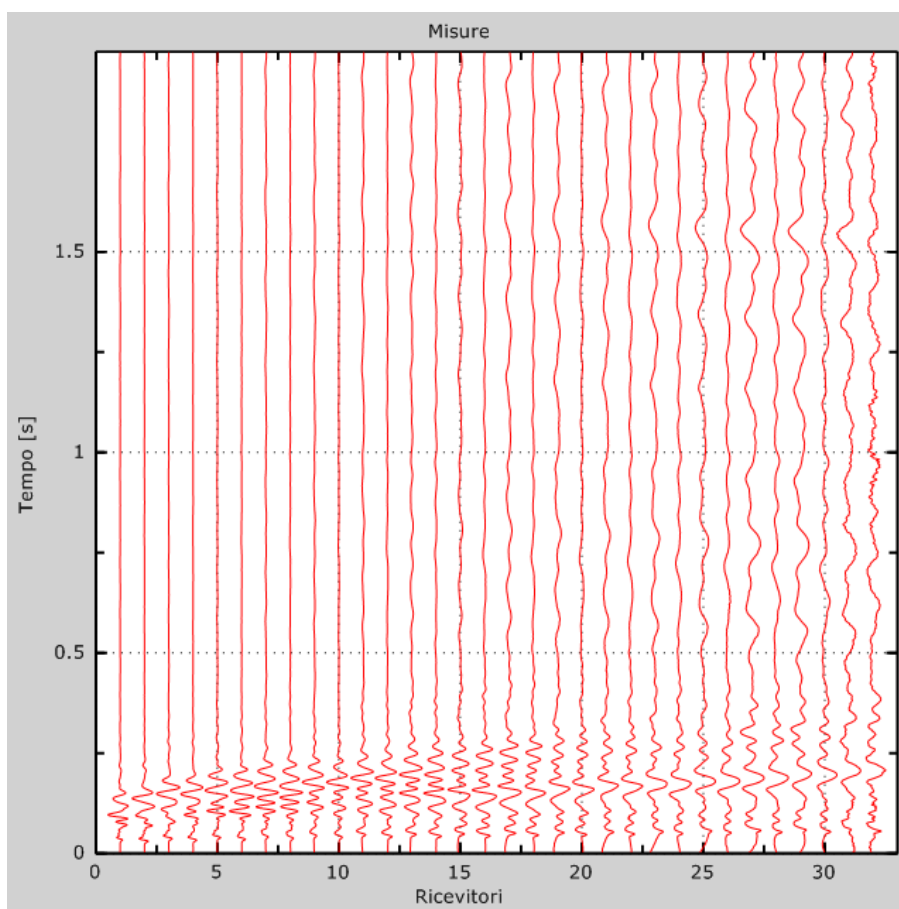


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale70Hz
 Frequenza iniziale.....2Hz

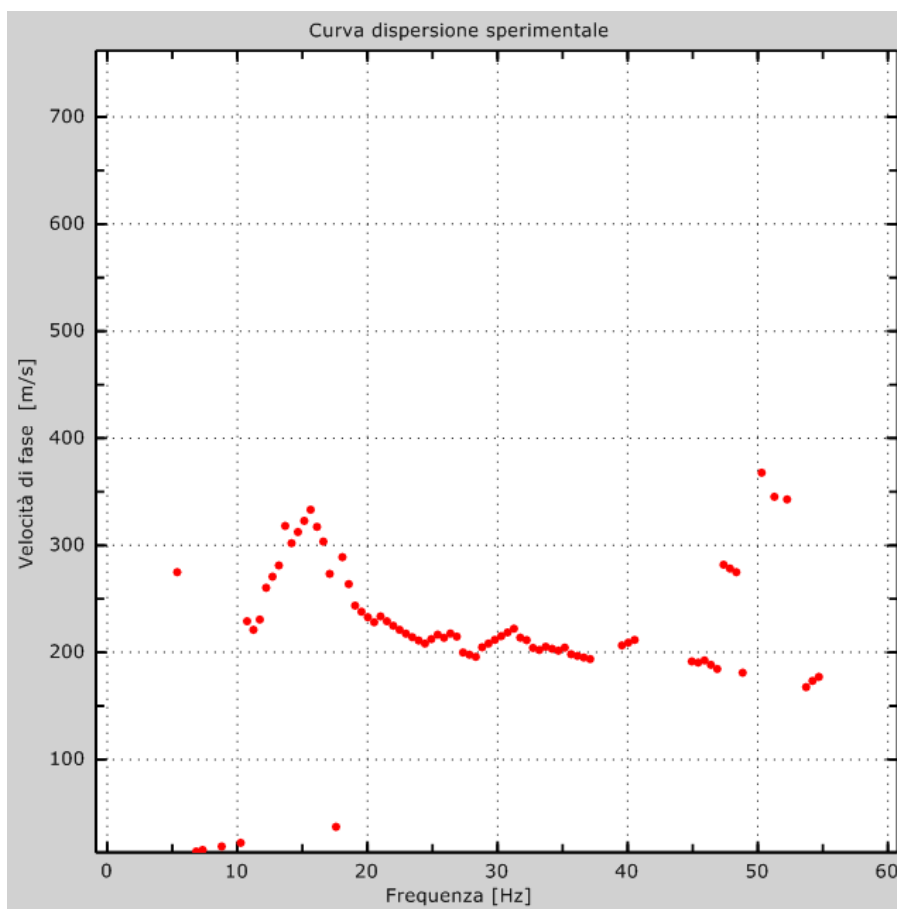


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
3.901	382.838	354.488	411.188
5.86072	287.479	261.706	313.252
8.25594	192.12	176.656	207.583
27.4485	172.175	142.433	201.918
38.8151	172.175	149.042	195.308
53.8793	178.785	145.738	211.832

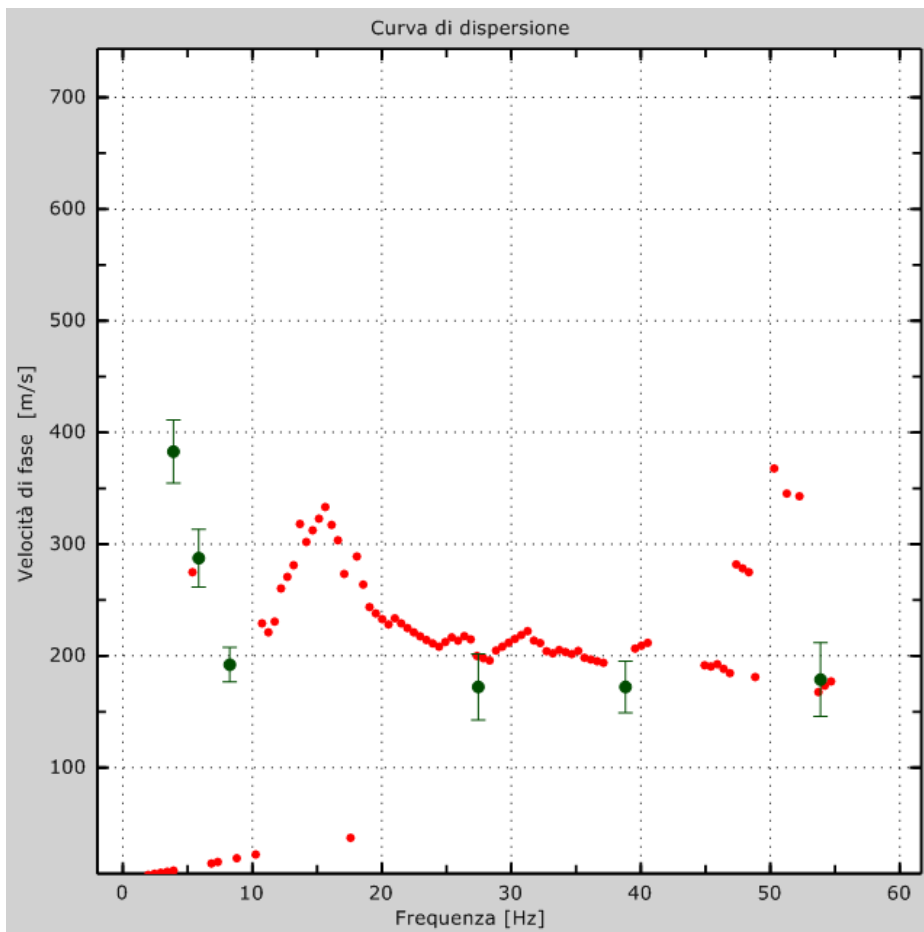


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	4
Spaziatura ricevitori [m].....	1m
Numero ricevitori.....	32
Numero modi	10
Numero iterazioni	10
Massimo errore [%]	1.000000e-001
Consenti forti contrasti di rigidità tra 2 strati consecutivi	

Strato 1

h [m].....	5
z [m]	-5
Densità [kg/m ³].....	1550
Poisson	0.40
Vs [m/s]	180
Vp [m/s].....	441
Vs min [m/s]	99
Vs max [m/s].....	270
Vs fin.[m/s].....	180

Strato 2

h [m].....	7
z [m]	-12
Densità [kg/m ³].....	1600
Poisson	0.40
Vs [m/s]	220
Vp [m/s].....	539
Vs min [m/s]	96
Vs max [m/s].....	330
Vs fin.[m/s].....	220

Strato 3

h [m].....	10
z [m].....	-22
Densità [kg/m ³].....	1700
Poisson	0.44
Vs [m/s].....	300
Vp [m/s].....	917
Vs min [m/s]	107
Vs max [m/s].....	450
Vs fin.[m/s].....	300

Strato 4

h [m].....	13
z [m].....	-35
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.43
Vs [m/s].....	425
Vp [m/s].....	1213
Vs min [m/s]	107
Vs max [m/s].....	638
Vs fin.[m/s].....	425

Strato 5

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.43
Vs [m/s].....	425
Vp [m/s].....	1213
Vs min [m/s]	213
Vs max [m/s].....	851
Vs fin.[m/s].....	425

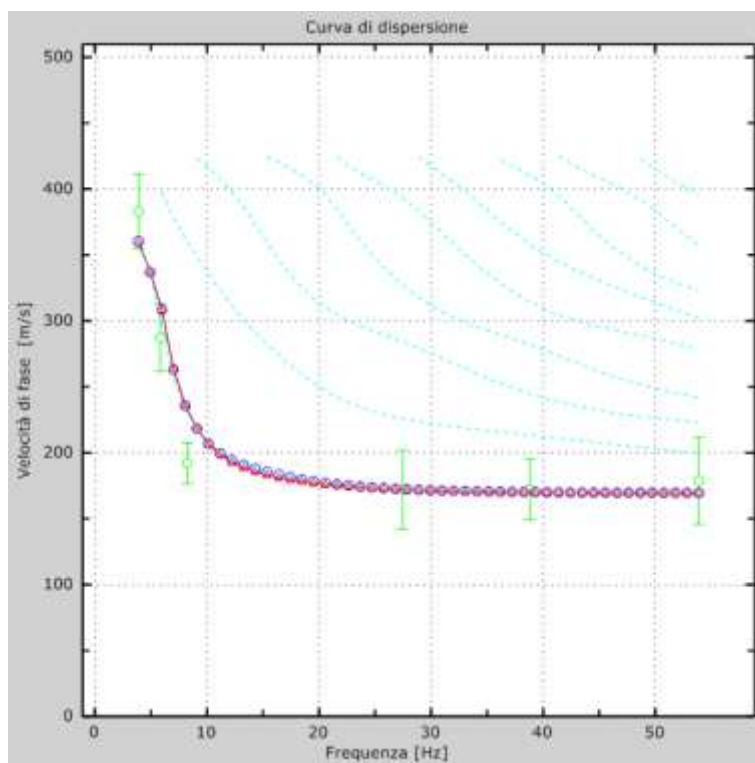


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

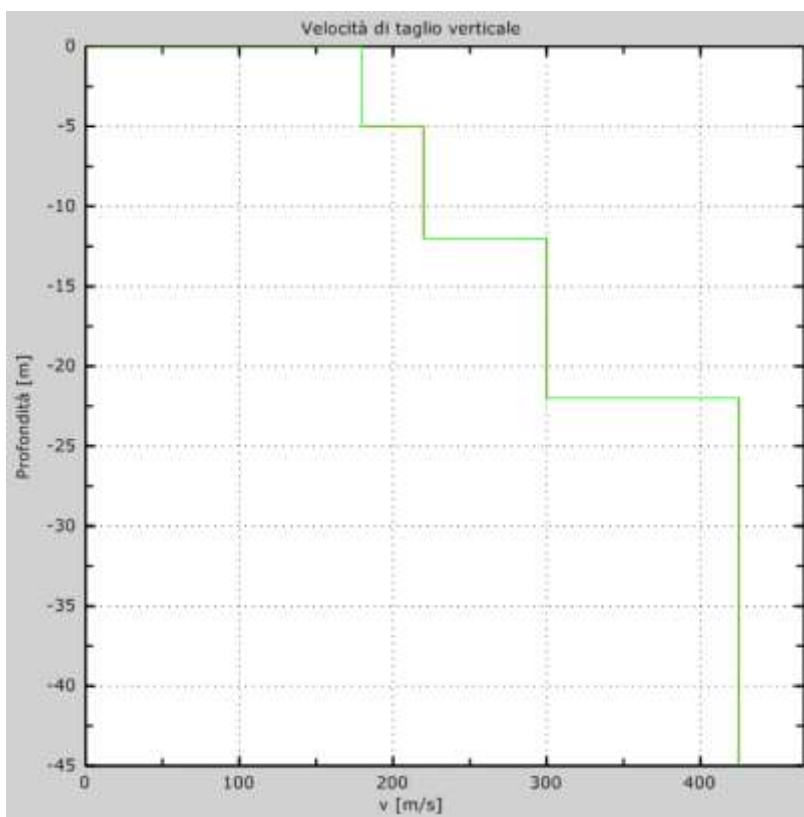


Figura 5: Velocità

Sintesi profondità-VS

Profondità dal p.c. (al centro della stesa sismica)	Velocità delle onde di taglio VS
- 5,00 m	180 m/sec
- 12,0 m	220 m/sec
- 22,0 m	300 m/sec
- 35,0 m	425 m/sec

6 – ZONIZZAZIONE SISMICA

Lo studio di pericolosità sismica di base cui si riferisce la presente relazione, eseguito per conto della Società GENERA S.r.l, riguarda il progetto per la realizzazione di un Impianto Fotovoltaico. Per tale scopo si è proceduto ad illustrare, in particolare, la sismicità dell’area ed a fornire una caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione interessati dalle opere previste nel progetto, con le seguenti finalità:

- Definire la macrozonazione sismica dell’area attraverso l’individuazione delle zone sismiche, ai sensi dell’OPCM n.3274 del 20 marzo 2003.
- Definire la categoria del suolo di fondazione (microzonazione) attraverso i profili di velocità delle Vs ottenuti con le prove geofisiche in sito, secondo quanto specificato al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018;
- Caratterizzare la pericolosità sismica dell’area mediante l’individuazione del parametro ag (accelerazione orizzontale massima del terreno).

- Definire *la vita nominale dell'opera*, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*. Una volta definito il periodo di riferimento e i diversi *stati limite* da considerare e le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;

a questo punto è possibile definire la *pericolosità sismica di base* per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

MACROZONAZIONE SISMICA

Per una dettagliata valutazione della pericolosità sismica nella zona in esame, in ottemperanza all'Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e dell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06, va tenuto conto che il Comune di Crotona (Kr), in base alla classificazione sismica nazionale, ricade in **zona sismica ad elevato rischio**.

Si riporta la tabella dove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

In particolare, la recente riclassificazione sismica del territorio nazionale ha classificato l'intero territorio nazionale in quattro zone indicate con i numeri da 1 (a maggior rischio) a 4 (a minor rischio). Più precisamente i 409 comuni calabresi ricadono tutti nella zona 1 e 2, di cui 261 ricadono nella zona 1 e 148 nella zona 2. Pertanto, come si può notare dalla mappa della zonazione sismica nazionale (figura 1.), la Calabria è l'unica regione italiana ad essere interamente compresa nella zona 1 e 2.

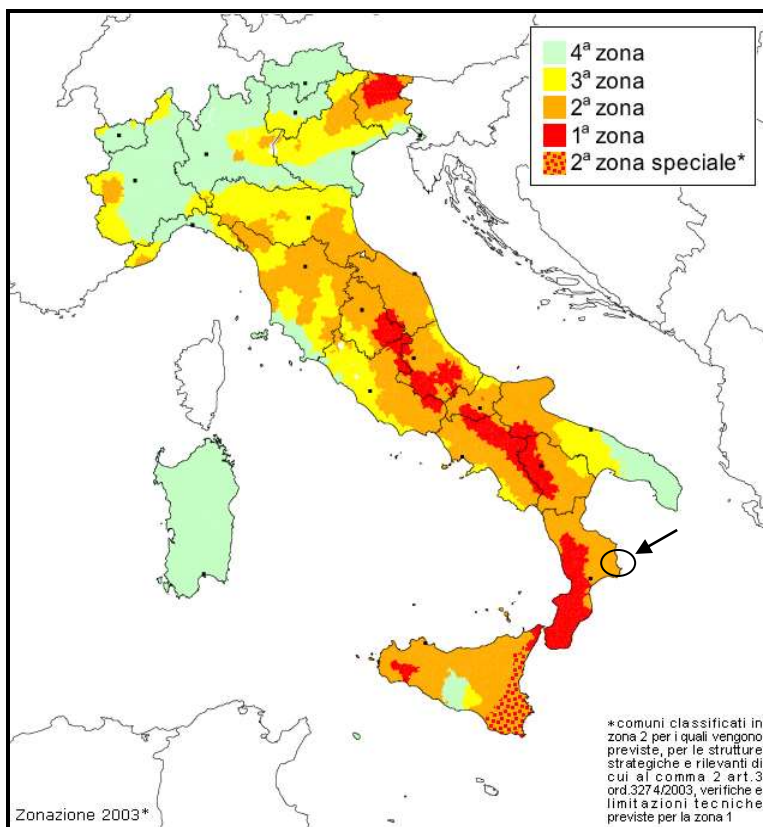


Figura 1. mappa della zonazione sismica nazionale

DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il sito in esame, poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri (V_{S30}), in tutte le rilevazioni effettuate nell'area, è risultata inferiore a 360 m/s e congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2018 (sotto riportata), ricade, quindi, in **Categoria di sottosuolo C**.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC18 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC18, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.
- $V_N \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC18 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso IV** a cui è associato il coefficiente $C_U = 2,0$.

Una volta ottenuti V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 2,0 = 100 \text{ anni.}$$

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC18 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC18, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una **probabilità di superamento** P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	P_{VR} = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	P_{VR} = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	P_{VR} = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	P_{VR} = 5%

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC18:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **V_R = 50 anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	T_R = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	T_R = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	T_R = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	T_R = 975

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale. Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC18 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC18:

a_g= accelerazione orizzontale massima;

F₀= valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC18 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'Allegato B delle NTC18, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_{1,2}$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1,2}$.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC18:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g, F_o, T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

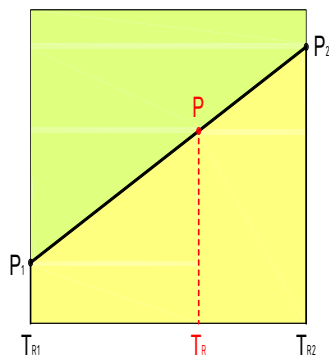


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

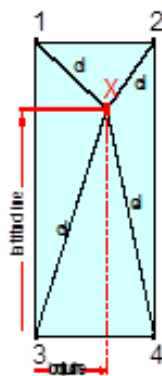


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC18.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC18, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia

della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

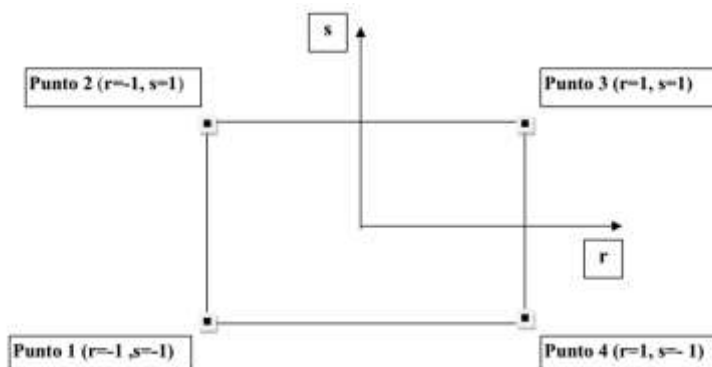


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x,y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri a_g , F_0 , T_c^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC2018). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.2; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella Tabella 5.2.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	B_m
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

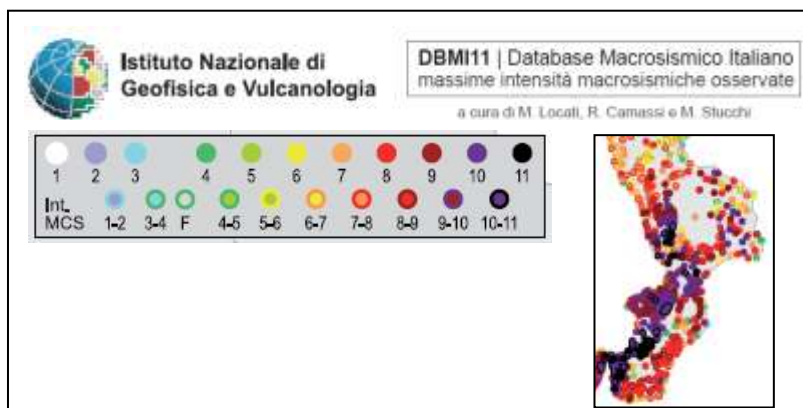
S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'INTENSITÀ MACROSISMICA

Per avere un quadro completo della pericolosità sismica è necessario considerare anche l'intensità macrosismica. L'intensità macrosismica (MCS) rappresenta, in un certo senso, le conseguenze socio-economiche di un evento sismico, descrivendo, infatti, il grado di danneggiamento causato dai

terremoti; una carta di pericolosità in intensità macrosismica si avvicina, con le dovute cautele derivate da diverse approssimazioni insite nel parametro intensità, al concetto di rischio sismico. Per l'area in esame le massime intensità macrosismiche sono visualizzate nella Figura 2 ("Massima Intensità Macrosismica osservata in Italia, 2011".- Istituto Nazionale di Geofisica)

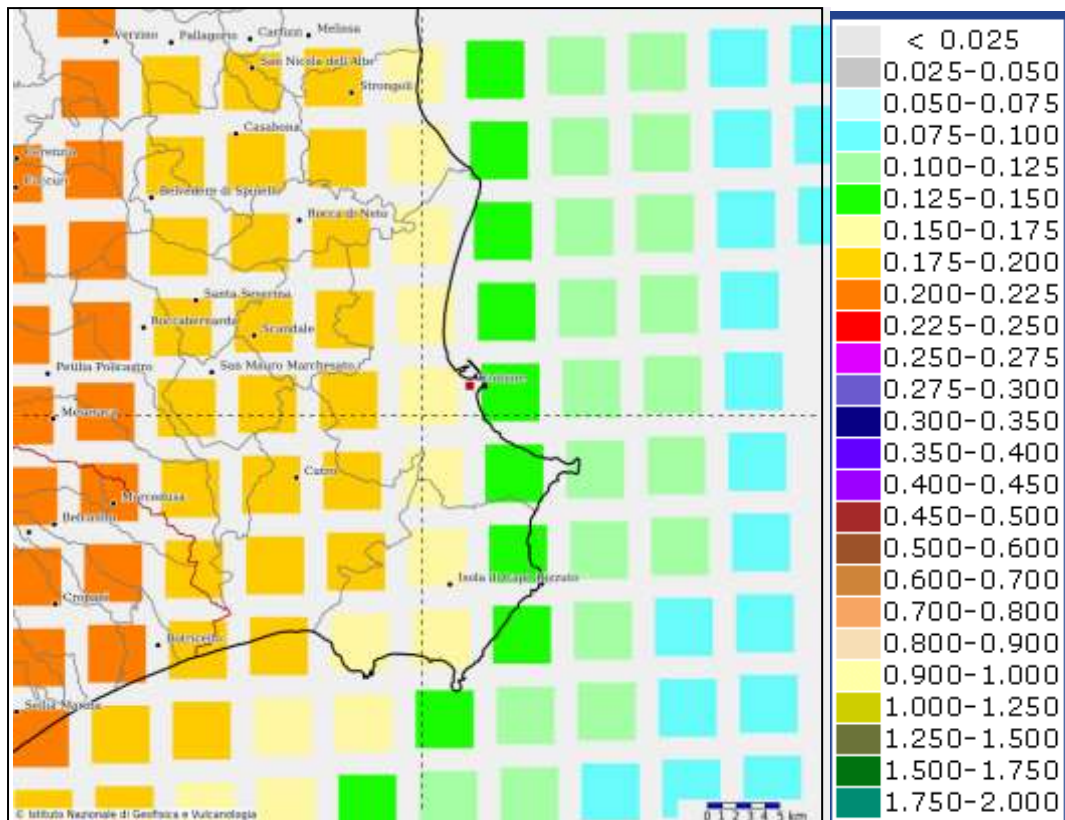


Con riferimento alla suddetta figura e ai tabulati sotto riportati, le massime intensità macrosismiche osservate nel comune di Crotonese sono maggiori di 8-9. Sulla base di queste informazioni la sismicità dell'area interessata può quindi essere definita di elevata entità.

Numero di eventi: 16

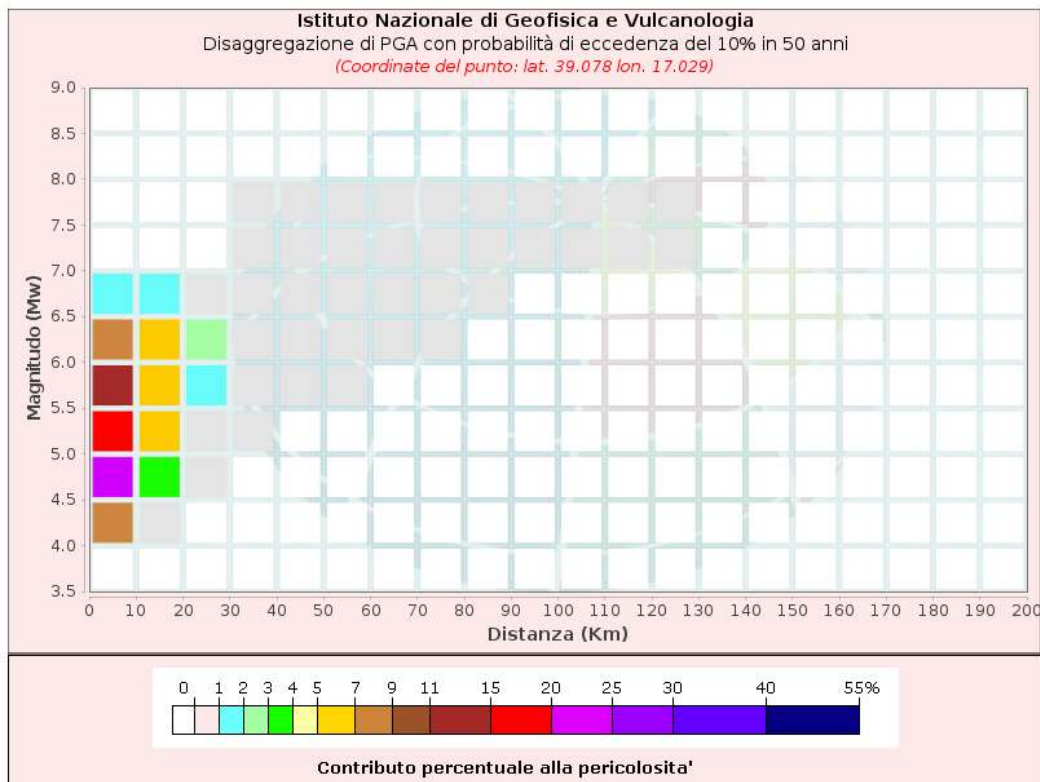
Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mh
9-10	1638	03	27	15	05	Calabria	206	11	7.00
8	1638	06	08	09	45	Crotonese	40	10	6.60
8-9	1767	07	14	01	05	Cosentino	8	8-9	5.83
7-8	1783	03	28	18	55	Calabria	323	11	6.94
8	1835	10	12	22	35	Cosentino	34	10	5.91
6-7	1836	04	25	00	20	Calabria settent.	46	10	6.16
7	1854	02	12	17	50	Cosentino	89	10	6.15
5	1887	12	03	03	45	Calabria settent.	142	9	5.52
8	1905	09	08	01	43	Calabria	827	10-11	7.06
6	1908	12	28	04	20	Calabria meridionale	786	11	7.24
7	1913	06	28	08	53	Calabria settentrion	151	8-9	5.65
6-7	1926	03	07	10	55	CAPO VATICANO	30	8	5.90
4	1947	05	11	06	32	Calabria centrale	254	9	5.71
5	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
MF	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84
4-5	1996	04	27	00	38	COSENTINO	123	7	4.91

MAPPA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA



Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 39.128 lon. 17.031)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2621	0.3374	0.3858
0.0010	0.1870	0.2404	0.2587
0.0021	0.1395	0.1818	0.1875
0.0050	0.0949	0.1248	0.1278
0.0071	0.0791	0.1047	0.1066
0.0099	0.0669	0.0892	0.0909
0.0139	0.0552	0.0749	0.0762
0.0199	0.0442	0.0617	0.0630
0.0332	0.0314	0.0471	0.0482

DISAGGREGAZIONE



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 39.078 lon. 17.029)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	8.4300	20.5000	17.1000	12.1000	7.4200	1.0300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.8330	3.6600	5.5800	6.4900	6.0400	1.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.1310	0.7690	1.5600	2.1500	0.4640	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0437	0.3530	0.7900	0.3890	0.2920	0.0621	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0395	0.2950	0.3810	0.5170	0.1190	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0765	0.2060	0.3700	0.0939	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0102	0.0938	0.2440	0.0683	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0284	0.1460	0.0454	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0585	0.0211	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0095	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0067	0.0039	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.0014	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.41	10.2	0.704

Caratteristiche del sito e della struttura in progetto

Risposta sismica:

- Categoria di sottosuolo: C;
- Categoria Topografica: T1;
- Coordinate Geografiche medie (ED50): N 39.0659- E 17.0859

- V_N (Vita nominale della costruzione (in anni)) = 50;
- Classe d'uso della costruzione: IV (CU = 2.0);
- Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) VR = 100;

Parametri sismici, spettrali e periodo di ritorno

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	60	0.063	2.358	0.316
Danno (SLD)	101	0.082	2.387	0.332
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.223	2.441	0.375
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.292	2.481	0.38

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1.37	1.27
CC Coeff. funz categoria	1,54	1,51	1.45	1.44
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.041	0.041	0.057	0.057
kv	0.020	0.020	0.029	0.029
Amax [m/s ²]	2.000	2.000	2.000	2.000
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 39,066916
 longitudine: 17,086687
 Classe: 4
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 40792	Lat: 39,0781	Lon: 17,0286	Distanza: 5166,599
Sito 2	ID: 40793	Lat: 39,0760	Lon: 17,0928	Distanza: 1142,811
Sito 3	ID: 41015	Lat: 39,0261	Lon: 17,0901	Distanza: 4552,699
Sito 4	ID: 41014	Lat: 39,0282	Lon: 17,0259	Distanza: 6792,414

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 100anni
 Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 60 [anni]
ag: 0,063 g
Fo: 2,358
Tc*: 0,316 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 101 [anni]
ag: 0,082 g
Fo: 2,387
Tc*: 0,332 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 949 [anni]
ag: 0,223 g
Fo: 2,441
Tc*: 0,375 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1950 [anni]
ag: 0,292 g
Fo: 2,481
Tc*: 0,388 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,041
Kv: 0,020
Amax: 2,000
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,510
St: 1,000
Kh: 0,041
Kv: 0,020
Amax: 2,000
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,370
Cc: 1,450
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,000
Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,270
Cc: 1,440
St: 1,000
Kh: 0,057
Kv: 0,029
Amax: 2,000
Beta: 0,280

7 - MODELLO GEOLITOLOGICO DEL TERRENO

INDAGINE PENETROMETRICHE

Nell'area in esame sono state quindi eseguite n°5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH), attraverso le quali si è voluto caratterizzare il terreno direttamente interessato dalle strutture fondali, e valutarne le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e geomeccaniche.

Le prove penetrometriche super pesanti sono state eseguite mediante un penetrometro dinamico superpesante (DPSH), azionato da un meccanismo motorizzato che fa cadere ripetutamente una massa battente del peso di 63,5kg da un'altezza costante di 75cm. In base al numero di colpi, necessario per far scendere di una profondità di 20 cm un'asta munita di punta conica, è possibile ricostruire la stratigrafia e determinare i seguenti parametri: coesione, angolo di attrito interno, peso dell'unità di volume, modulo di deformazione e densità relativa.

RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE

Con la strumentazione descritta si è, quindi, proceduto all'esecuzione di n°4 prove penetrometriche spinta fino a rifiuto strumentale, che hanno permesso di avere una visione accurata del sottosuolo e di caratterizzarne geotecnicamente i litotipi incontrati.

I grafici allegati, espressi sotto forma di diagrammi, riportano:

- Tabelle valori di resistenza;
- Diagramma numero colpi alla punta – Rpd;
- Diagramma resistenza dinamica alla punta;
- Elaborazione statistica.

Analizzando i risultati delle indagini penetrometriche è stato possibile pervenire al modello stratigrafico del locale sottosuolo nonché alle caratteristiche geotecniche dei singoli orizzonti litologici. Nella tabella sottostante vengono riportati i principali parametri geotecnici, per un maggiore dettaglio si rimanda agli allegati.

Indicando con:

cu = coesione non drenata;

ϕ = angolo di attrito interno;

γ = peso di volume;

E = modulo edometrico;

Dr = densità relativa;

E_y = Modulo di Young

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING) DPSH – DPM (... scpt ecc.)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)

- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento/fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento/fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento/fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .

- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con N_{spt} <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *C_u min-max*.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u-N_{spt}-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con N_c=20 e Q_c/N_{spt}=2.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimencov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15

- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1 DPSH

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data

01/04/2021

Profondità prova

8,80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,89	21,03	0,89	1,05
0,60	1	0,847	8,17	9,65	0,41	0,48
0,80	1	0,843	8,14	9,65	0,41	0,48
1,00	2	0,840	16,21	19,30	0,81	0,96
1,20	3	0,836	24,21	28,95	1,21	1,45
1,40	4	0,833	32,15	38,60	1,61	1,93
1,60	4	0,830	29,59	35,67	1,48	1,78
1,80	6	0,826	44,21	53,50	2,21	2,68
2,00	4	0,823	29,36	35,67	1,47	1,78
2,20	5	0,820	36,57	44,59	1,83	2,23
2,40	4	0,817	29,15	35,67	1,46	1,78
2,60	9	0,814	60,74	74,59	3,04	3,73
2,80	10	0,811	67,25	82,88	3,36	4,14
3,00	7	0,809	46,92	58,02	2,35	2,90
3,20	11	0,806	73,48	91,17	3,67	4,56
3,40	8	0,803	53,27	66,31	2,66	3,32
3,60	11	0,801	68,20	85,16	3,41	4,26
3,80	5	0,798	30,91	38,71	1,55	1,94
4,00	3	0,796	18,49	23,23	0,92	1,16
4,20	4	0,794	24,58	30,97	1,23	1,55
4,40	4	0,791	24,51	30,97	1,23	1,55
4,60	3	0,789	17,20	21,79	0,86	1,09
4,80	4	0,787	22,87	29,05	1,14	1,45
5,00	4	0,785	22,81	29,05	1,14	1,45
5,20	3	0,783	17,06	21,79	0,85	1,09
5,40	2	0,781	11,35	14,53	0,57	0,73
5,60	2	0,779	10,66	13,68	0,53	0,68
5,80	1	0,777	5,32	6,84	0,27	0,34
6,00	1	0,775	5,30	6,84	0,27	0,34
6,20	2	0,774	10,59	13,68	0,53	0,68
6,40	1	0,772	5,28	6,84	0,26	0,34
6,60	2	0,770	9,96	12,93	0,50	0,65
6,80	3	0,769	14,91	19,39	0,75	0,97
7,00	3	0,767	14,88	19,39	0,74	0,97
7,20	3	0,766	14,85	19,39	0,74	0,97
7,40	4	0,764	19,76	25,86	0,99	1,29
7,60	5	0,763	23,37	30,63	1,17	1,53
7,80	4	0,761	18,66	24,51	0,93	1,23
8,00	14	0,710	60,89	85,78	3,04	4,29
8,20	14	0,709	60,78	85,78	3,04	4,29
8,40	19	0,707	82,33	116,41	4,12	5,82
8,60	21	0,656	80,22	122,29	4,01	6,11
8,80	40	0,555	129,21	232,93	6,46	11,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
7,8	4	31,82	Incoerente - coesivo	0	1,76	1,88	0,69	1,46	5	Strato 1
8,8	14	85,78	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	1,48	1,46	20	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 DPSH

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	5	7,80	15,99	39,88	40,77	20,83
[2] - Strato 2	20	8,80	33,69	63,64	64,69	51,23

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello
[1] - Strato 1	5	7,80	5	<30	23,66	---	25,1
[2] - Strato 2	20	8,80	20	30-32	32,32	33	30,36

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	5	7,80	5	---	40,00	---	---	---
[2] - Strato 2	20	8,80	20	319,22	160,00	236,70	330,00	175,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	5	7,80	5	---	37,73	35,50	60,30
[2] - Strato 2	20	8,80	20	120,00	68,55	142,00	127,20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	5	7,80	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	20	8,80	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	5	7,80	5	Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,41÷1,54
[2] - Strato 2	20	8,80	20	Terzaghi-Peck 1948 e media tra entrambe le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,6÷1,7

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	5	7,80	5	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Strato 2	20	8,80	20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,98

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	5	7,80	5	295,08	334,18
[2] - Strato 2	20	8,80	20	1086,13	779,54

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Shioi - Fukuni 1982
[1] - Strato 1	5	7,80	0,25	0,20	0,25
[2] - Strato 2	20	8,80	1,00	0,78	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	5	7,80	Robertson (1983)	10,00
[2] - Strato 2	20	8,80	Robertson (1983)	40,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	5	7,80	22,94	75,00	52,79	62,50
[2] - Strato 2	20	8,80	91,76	--	205,78	200,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	5	7,80	37,10	50,00
[2] - Strato 2	20	8,80	209,60	200,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	5	7,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato 2	20	8,80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	5	7,80	Meyerhof	1,76
[2] - Strato 2	20	8,80	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

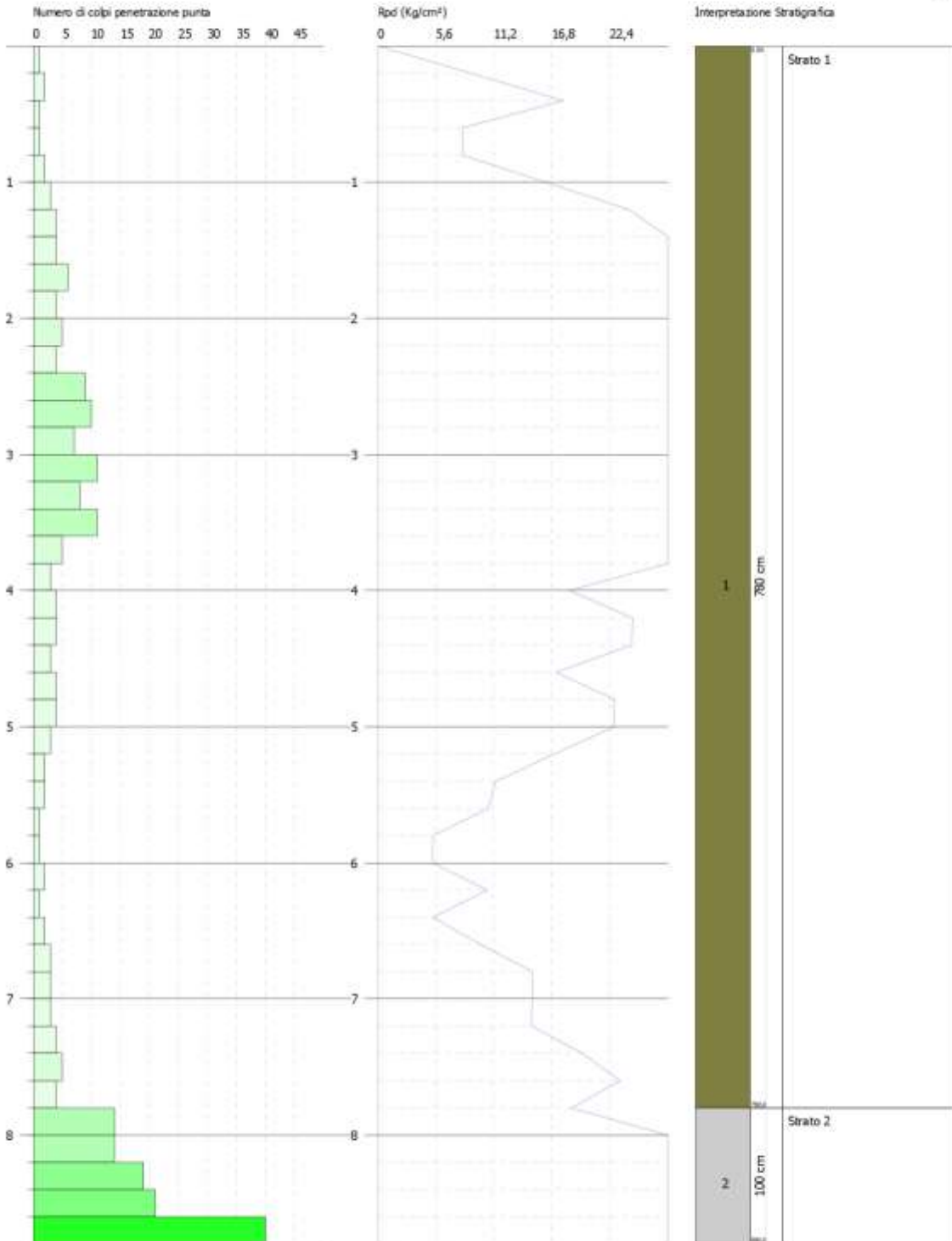
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	5	7,80	Meyerhof	1,8
[2] - Strato 2	20	8,80	Meyerhof	2,3



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 DPSH
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Data: 01/04/2021

Scala 1:40



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA ... Nr.2 DPSH

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data

01/04/2021

Profondità prova

9,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,97	21,03	0,90	1,05
0,40	2	0,851	17,89	21,03	0,89	1,05
0,60	3	0,847	24,52	28,95	1,23	1,45
0,80	3	0,843	24,41	28,95	1,22	1,45
1,00	3	0,840	24,31	28,95	1,22	1,45
1,20	3	0,836	24,21	28,95	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,11	28,95	1,21	1,45
1,60	4	0,830	29,59	35,67	1,48	1,78
1,80	5	0,826	36,84	44,59	1,84	2,23
2,00	3	0,823	22,02	26,75	1,10	1,34
2,20	5	0,820	36,57	44,59	1,83	2,23
2,40	4	0,817	29,15	35,67	1,46	1,78
2,60	6	0,814	40,49	49,73	2,02	2,49
2,80	3	0,811	20,18	24,86	1,01	1,24
3,00	4	0,809	26,81	33,15	1,34	1,66
3,20	4	0,806	26,72	33,15	1,34	1,66
3,40	3	0,803	19,98	24,86	1,00	1,24
3,60	4	0,801	24,80	30,97	1,24	1,55
3,80	16	0,748	92,71	123,87	4,64	6,19
4,00	21	0,696	113,16	162,58	5,66	8,13
4,20	8	0,794	49,16	61,94	2,46	3,10
4,40	11	0,791	67,40	85,16	3,37	4,26
4,60	5	0,789	28,66	36,32	1,43	1,82
4,80	3	0,787	17,15	21,79	0,86	1,09
5,00	6	0,785	34,21	43,58	1,71	2,18
5,20	7	0,783	39,81	50,84	1,99	2,54
5,40	4	0,781	22,69	29,05	1,13	1,45
5,60	6	0,779	31,98	41,04	1,60	2,05
5,80	5	0,777	26,58	34,20	1,33	1,71
6,00	4	0,775	21,22	27,36	1,06	1,37
6,20	3	0,774	15,88	20,52	0,79	1,03
6,40	5	0,772	26,40	34,20	1,32	1,71
6,60	4	0,770	19,92	25,86	1,00	1,29
6,80	3	0,769	14,91	19,39	0,75	0,97
7,00	4	0,767	19,84	25,86	0,99	1,29
7,20	4	0,766	19,80	25,86	0,99	1,29
7,40	5	0,764	24,70	32,32	1,23	1,62
7,60	6	0,763	28,04	36,76	1,40	1,84
7,80	4	0,761	18,66	24,51	0,93	1,23
8,00	6	0,760	27,94	36,76	1,40	1,84
8,20	15	0,709	65,12	91,90	3,26	4,60
8,40	15	0,707	65,00	91,90	3,25	4,60
8,60	18	0,706	74,00	104,82	3,70	5,24
8,80	21	0,655	80,06	122,29	4,00	6,11
9,00	40	0,553	128,92	232,93	6,45	11,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
8	4,22	32,4	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	0,72	1,46	6	Strato 1
9	15	91,9	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,12	1,55	1,46	21	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 DPSH

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	6	8,00	18,68	43,11	43,86	23,45
[2] - Strato 2	21	9,00	33,98	64,11	65,36	52,69

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello
[1] - Strato 1	6	8,00	6	<30	24,49	---	25,79
[2] - Strato 2	21	9,00	21	30-32	32,75	33,3	30,54

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	6	8,00	6	---	48,00	---	---	---
[2] - Strato 2	21	9,00	21	327,10	168,00	248,50	337,50	180,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	6	8,00	6	---	39,79	42,60	64,76
[2] - Strato 2	21	9,00	21	126,00	70,60	149,10	131,66

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	6	8,00	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	21	9,00	21	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	8,00	6	Media tra le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,5
[2] - Strato 2	21	9,00	21	Terzaghi-Peck 1948 e media tra entrambe le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,61÷1,7

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	8,00	6	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[2] - Strato 2	21	9,00	21	Terzaghi-Peck 1948	2,00

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	6	8,00	6	350,25	373,56
[2] - Strato 2	21	9,00	21	1137,10	803,13

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Shioi - Fukuni 1982
[1] - Strato 1	6	8,00	0,25	0,24	0,30
[2] - Strato 2	21	9,00	1,00	0,81	1,05

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	6	8,00	Robertson (1983)	12,00
[2] - Strato 2	21	9,00	Robertson (1983)	42,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	6	8,00	27,53	--	62,99	75,00
[2] - Strato 2	21	9,00	96,35	--	215,98	210,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	6	8,00	48,60	60,00
[2] - Strato 2	21	9,00	221,10	210,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	6	8,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato 2	21	9,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	8,00	Meyerhof	1,81
[2] - Strato 2	21	9,00	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	8,00	Meyerhof	1,89
[2] - Strato 2	21	9,00	Meyerhof	2,1



PROVA ... Nr.3 DPSH

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data

01/04/2021

Profondità prova

7,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	17,97	21,03	0,90	1,05
0,40	3	0,851	26,83	31,54	1,34	1,58
0,60	5	0,847	40,87	48,25	2,04	2,41
0,80	5	0,843	40,69	48,25	2,03	2,41
1,00	7	0,840	56,72	67,55	2,84	3,38
1,20	5	0,836	40,35	48,25	2,02	2,41
1,40	3	0,833	24,11	28,95	1,21	1,45
1,60	7	0,830	51,78	62,42	2,59	3,12
1,80	4	0,826	29,47	35,67	1,47	1,78
2,00	5	0,823	36,70	44,59	1,84	2,23
2,20	5	0,820	36,57	44,59	1,83	2,23
2,40	4	0,817	29,15	35,67	1,46	1,78
2,60	5	0,814	33,74	41,44	1,69	2,07
2,80	3	0,811	20,18	24,86	1,01	1,24
3,00	3	0,809	20,11	24,86	1,01	1,24
3,20	4	0,806	26,72	33,15	1,34	1,66
3,40	3	0,803	19,98	24,86	1,00	1,24
3,60	5	0,801	31,00	38,71	1,55	1,94
3,80	4	0,798	24,73	30,97	1,24	1,55
4,00	5	0,796	30,81	38,71	1,54	1,94
4,20	4	0,794	24,58	30,97	1,23	1,55
4,40	5	0,791	30,64	38,71	1,53	1,94
4,60	4	0,789	22,93	29,05	1,15	1,45
4,80	4	0,787	22,87	29,05	1,14	1,45
5,00	6	0,785	34,21	43,58	1,71	2,18
5,20	3	0,783	17,06	21,79	0,85	1,09
5,40	3	0,781	17,02	21,79	0,85	1,09
5,60	6	0,779	31,98	41,04	1,60	2,05
5,80	5	0,777	26,58	34,20	1,33	1,71
6,00	6	0,775	31,83	41,04	1,59	2,05
6,20	5	0,774	26,46	34,20	1,32	1,71
6,40	14	0,722	69,14	95,77	3,46	4,79
6,60	9	0,770	44,82	58,18	2,24	2,91
6,80	17	0,719	78,98	109,89	3,95	5,49
7,00	40	0,567	146,65	258,56	7,33	12,93

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
6,2	4,15	34,27	Incoerente - coesivo	0	1,81	1,89	0,56	1,46	6	Strato 1
7	11,5	76,97	Incoerente - coesivo	0	2,08	2,29	1,21	1,46	16	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 DPSH

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	6	6,20	20,71	45,81	46,89	23,45
[2] - Strato 2	16	7,00	31,85	60,85	61,34	44,79

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello
[1] - Strato 1	6	6,20	6	<30	24,49	---	25,79
[2] - Strato 2	16	7,00	16	30-32	30,49	31,8	29,51

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	6	6,20	6	---	48,00	---	---	---
[2] - Strato 2	16	7,00	16	285,52	128,00	189,50	300,00	155,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	6	6,20	6	---	39,79	42,60	64,76
[2] - Strato 2	16	7,00	16	96,00	60,33	113,60	109,36

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	6	6,20	6	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	16	7,00	16	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	6,20	6	Media tra le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,5
[2] - Strato 2	16	7,00	16	Terzaghi-Peck 1948 e media tra entrambe le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,61÷1,7

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	6,20	6	Terzaghi-Peck 1948	1,89
[2] - Strato 2	16	7,00	16	Terzaghi-Peck 1948	1,97

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	6	6,20	6	350,25	373,56
[2] - Strato 2	16	7,00	16	880,62	680,19

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M.S.M	Shioi - Fukuni 1982
[1] - Strato 1	6	6,20	0,25	0,24	0,30
[2] - Strato 2	16	7,00	1,00	0,63	0,80

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	6	6,20	Robertson (1983)	12,00
[2] - Strato 2	16	7,00	Robertson (1983)	32,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	6	6,20	27,53	--	62,99	75,00
[2] - Strato 2	16	7,00	73,41	--	164,98	160,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	6	6,20	48,60	60,00
[2] - Strato 2	16	7,00	163,60	160,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	6	6,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato 2	16	7,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	6,20	Meyerhof	1,81
[2] - Strato 2	16	7,00	Meyerhof	2,08

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6	6,20	Meyerhof	1,89
[2] - Strato 2	16	7,00	Meyerhof	2,2

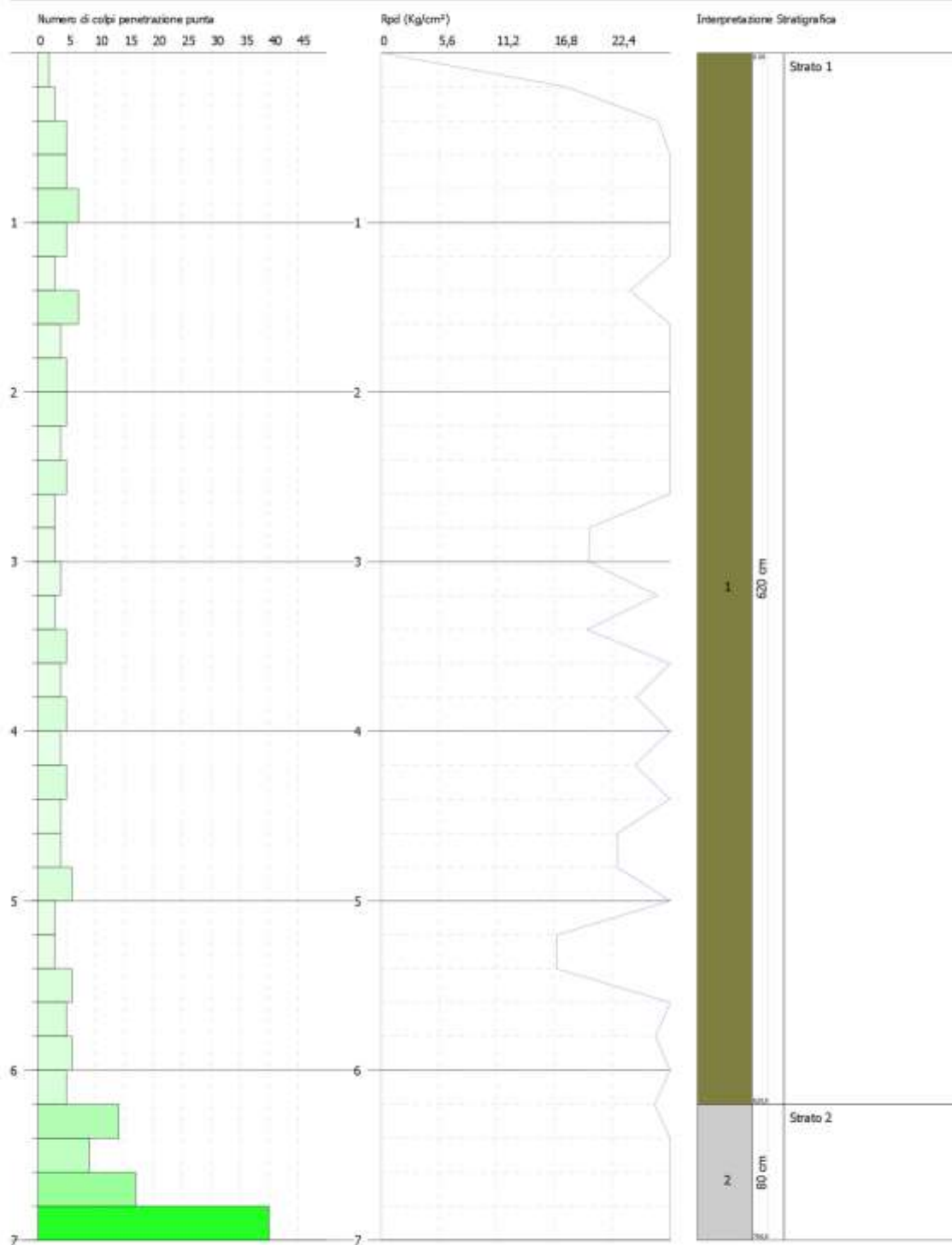


GEDSTRU
 CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONS
 COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 DPSH
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Data: 01/04/2021

Scala 1:32



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA Nr. 4 DPSH

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-100 PAGANI

Prova eseguita in data

01/04/2021

Profondità prova 5,60 mt; Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	1	0,847	8,17	9,65	0,41	0,48
0,80	2	0,843	16,28	19,30	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,21	19,30	0,81	0,96
1,20	3	0,836	24,21	28,95	1,21	1,45
1,40	3	0,833	24,11	28,95	1,21	1,45
1,60	4	0,830	29,59	35,67	1,48	1,78
1,80	3	0,826	22,11	26,75	1,11	1,34
2,00	2	0,823	14,68	17,83	0,73	0,89
2,20	4	0,820	29,25	35,67	1,46	1,78
2,40	5	0,817	36,43	44,59	1,82	2,23
2,60	4	0,814	26,99	33,15	1,35	1,66
2,80	5	0,811	33,63	41,44	1,68	2,07
3,00	4	0,809	26,81	33,15	1,34	1,66
3,20	3	0,806	20,04	24,86	1,00	1,24
3,40	4	0,803	26,63	33,15	1,33	1,66
3,60	4	0,801	24,80	30,97	1,24	1,55
3,80	3	0,798	18,54	23,23	0,93	1,16
4,00	5	0,796	30,81	38,71	1,54	1,94
4,20	4	0,794	24,58	30,97	1,23	1,55
4,40	3	0,791	18,38	23,23	0,92	1,16
4,60	6	0,789	34,40	43,58	1,72	2,18
4,80	4	0,787	22,87	29,05	1,14	1,45
5,00	6	0,785	34,21	43,58	1,71	2,18
5,20	14	0,733	74,54	101,69	3,73	5,08
5,40	18	0,731	95,58	130,74	4,78	6,54
5,60	54	0,579	213,92	369,38	10,70	18,47

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
5	3,44	28,67	Incoerente - coesivo	0	1,76	1,88	0,44	1,46	5	Strato 1
5,6	14	101,69	Incoerente - coesivo	0	2,1	2,31	0,94	1,46	20	Strato 2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 DPSH**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	5	5,00	19,14	43,98	45,81	20,83
[2] - Strato 2	20	5,60	39,69	73,27	72,77	51,23

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello
[1] - Strato 1	5	5,00	5	<30	23,66	---	25,1
[2] - Strato 2	20	5,60	20	30-32	32,32	33	30,36

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	5	5,00	5	---	40,00	---	---	---
[2] - Strato 2	20	5,60	20	319,22	160,00	236,70	330,00	175,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	5	5,00	5	---	37,73	35,50	60,30
[2] - Strato 2	20	5,60	20	120,00	68,55	142,00	127,20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	5	5,00	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	20	5,60	20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Strato 1	5	5,00	5	Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,41÷1,54
[2] - Strato 2	20	5,60	20	Terzaghi-Peck 1948 e media tra entrambe le correlazioni di Terzaghi-Peck 1948 e Meyerhof et al.	1,6÷1,7

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	5	5,00	5	Terzaghi-Peck 1948	1,88
[2] - Strato 2	20	5,60	20	Terzaghi-Peck 1948	1,99

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	5	5,00	5	295,08	334,18
[2] - Strato 2	20	5,60	20	1086,13	779,54

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D.M. S.M	Shioi - Fukuni 1982
[1] - Strato 1	5	5,00	0,25	0,20	0,25
[2] - Strato 2	20	5,60	1,00	0,78	1,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato 1	5	5,00	Robertson (1983)	10,00
[2] - Strato 2	20	5,60	Robertson (1983)	40,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	5	5,00	22,94	75,00	52,79	62,50
[2] - Strato 2	20	5,60	91,76	--	205,78	200,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	5	5,00	37,10	50,00
[2] - Strato 2	20	5,60	209,60	200,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	5	5,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSIST.
[2] - Strato 2	20	5,60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato 1	5	5,00	Meyerhof	1,76
[2] - Strato 2	20	5,60	Meyerhof	2,10

Peso unità di volume saturo

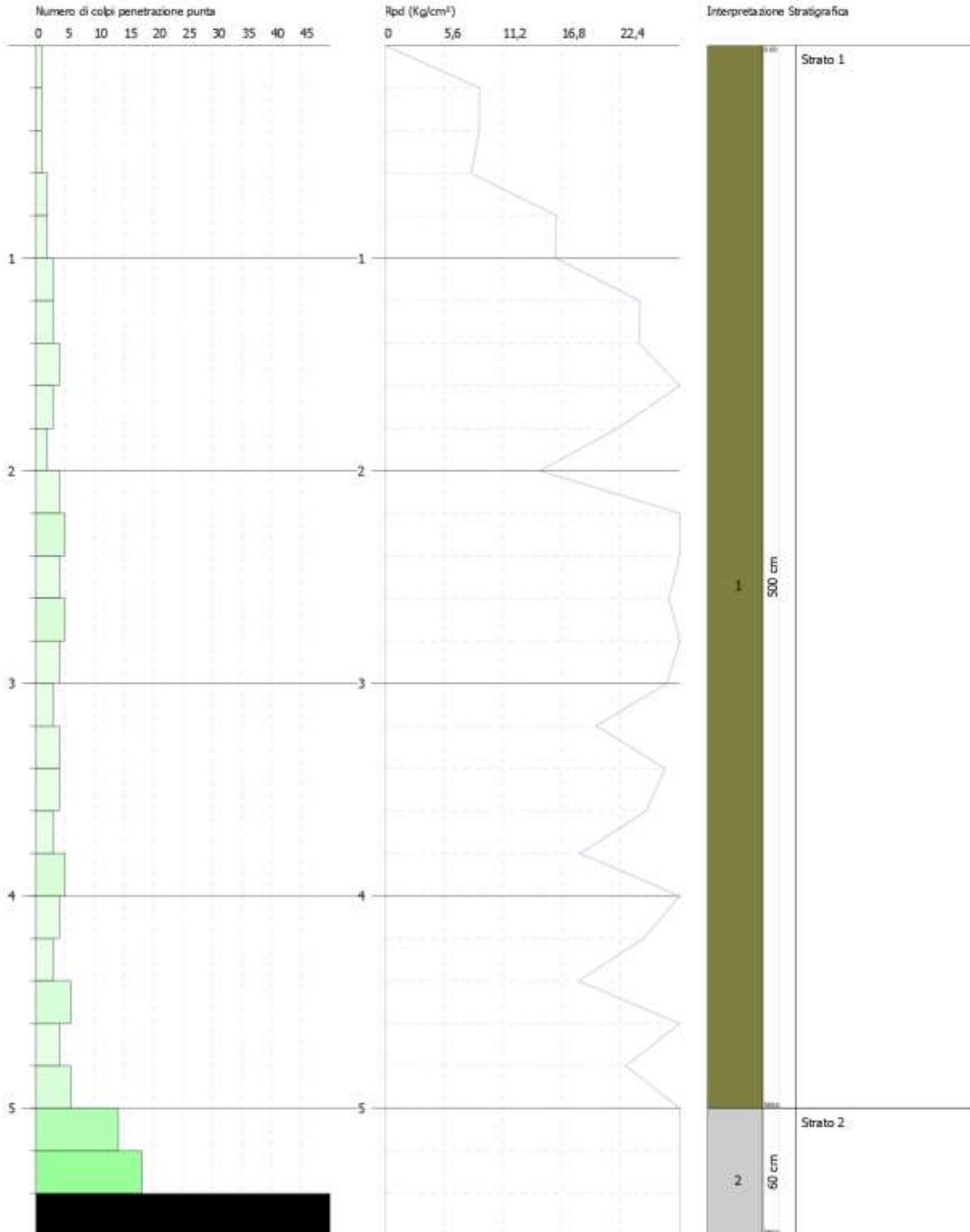
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato 1	5	5,00	Meyerhof	1,8
[2] - Strato 2	20	5,60	Meyerhof	2,3



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 DPSH
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Data: 01/04/2021

Scala 1:26



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

PROVA Nr.5 DPSH

Strumento utilizzato...DPSH TG 63-100 PAGANI; Prova eseguita in data 01/04/2021

Profondità prova 12,00 mt

Nota: Rinvenimenti di accumuli/saturazioni idriche grossomodo intorno ai 6.0÷6.4mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,89	21,03	0,89	1,05
0,60	1	0,847	8,17	9,65	0,41	0,48
0,80	1	0,843	8,14	9,65	0,41	0,48
1,00	1	0,840	8,10	9,65	0,41	0,48
1,20	2	0,836	16,14	19,30	0,81	0,96
1,40	4	0,833	32,15	38,60	1,61	1,93
1,60	5	0,830	36,99	44,59	1,85	2,23
1,80	4	0,826	29,47	35,67	1,47	1,78
2,00	6	0,823	44,04	53,50	2,20	2,68
2,20	4	0,820	29,25	35,67	1,46	1,78
2,40	6	0,817	43,72	53,50	2,19	2,68
2,60	5	0,814	33,74	41,44	1,69	2,07
2,80	3	0,811	20,18	24,86	1,01	1,24
3,00	3	0,809	20,11	24,86	1,01	1,24
3,20	3	0,806	20,04	24,86	1,00	1,24
3,40	2	0,803	13,32	16,58	0,67	0,83
3,60	3	0,801	18,60	23,23	0,93	1,16
3,80	3	0,798	18,54	23,23	0,93	1,16
4,00	4	0,796	24,65	30,97	1,23	1,55
4,20	25	0,694	134,26	193,55	6,71	9,68
4,40	33	0,641	163,88	255,49	8,19	12,77
4,60	39	0,589	166,91	283,27	8,35	14,16
4,80	7	0,787	40,02	50,84	2,00	2,54
5,00	3	0,785	17,11	21,79	0,86	1,09
5,20	4	0,783	22,75	29,05	1,14	1,45
5,40	2	0,781	11,35	14,53	0,57	0,73
5,60	2	0,779	10,66	13,68	0,53	0,68
5,80	6	0,777	31,90	41,04	1,60	2,05
6,00	4	0,775	21,22	27,36	1,06	1,37
6,20	5	0,774	26,46	34,20	1,32	1,71
6,40	8	0,772	42,25	54,72	2,11	2,74
6,60	6	0,770	29,88	38,78	1,49	1,94
6,80	7	0,769	34,78	45,25	1,74	2,26
7,00	7	0,767	34,71	45,25	1,74	2,26
7,20	6	0,766	29,69	38,78	1,48	1,94
7,40	7	0,764	34,58	45,25	1,73	2,26
7,60	6	0,763	28,04	36,76	1,40	1,84
7,80	7	0,761	32,65	42,89	1,63	2,14
8,00	5	0,760	23,28	30,63	1,16	1,53
8,20	7	0,759	32,53	42,89	1,63	2,14
8,40	7	0,757	32,48	42,89	1,62	2,14
8,60	6	0,756	26,41	34,94	1,32	1,75
8,80	6	0,755	26,37	34,94	1,32	1,75
9,00	7	0,753	30,71	40,76	1,54	2,04
9,20	7	0,752	30,67	40,76	1,53	2,04
9,40	5	0,751	21,87	29,12	1,09	1,46
9,60	7	0,750	29,13	38,84	1,46	1,94
9,80	6	0,749	24,93	33,29	1,25	1,66
10,00	6	0,748	24,89	33,29	1,24	1,66
10,20	6	0,747	24,85	33,29	1,24	1,66
10,40	11	0,746	45,50	61,03	2,27	3,05
10,60	11	0,744	43,39	58,28	2,17	2,91
10,80	12	0,743	47,26	63,58	2,36	3,18
11,00	15	0,692	55,02	79,47	2,75	3,97
11,20	14	0,691	51,28	74,17	2,56	3,71
11,40	15	0,690	54,86	79,47	2,74	3,97
11,60	25	0,639	81,02	126,74	4,05	6,34
11,80	27	0,638	87,36	136,87	4,37	6,84
12,00	30	0,637	96,91	152,08	4,85	7,60

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,2	1,33	13,3	Incoerente - coesivo	0	1,48	1,84	0,09	1,46	1	Strato 1
10,2	5,17	35,41	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	1,01	1,46	7	Strato 2
12	13	69,33	Incoerente - coesivo	0	2,09	2,3	1,57	1,46	18	Strato 3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1 DPSH

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato 1	1	1,20	0	23,64	32,28	9,36
[2] - Strato 2	7	10,20	18,24	42,43	43,22	25,97
[3] - Strato 3	18	12,00	28,97	56,67	58,12	45,66

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello
[1] - Strato 1	1	1,20	1	<30	18,87	---	19
[2] - Strato 2	7	10,20	7	<30	25	29	26
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	30-32	30,73	31,95	29,63

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato 1	1	1,20	1	---	8,00	---	---	---
[2] - Strato 2	7	10,20	7	---	56,00	---	---	---
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	289,94	132,00	195,40	303,75	157,50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato 1	1	1,20	1	---	29,52	7,10	42,46
[2] - Strato 2	7	10,20	7	---	41,84	49,70	69,22
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	99,00	61,36	117,15	111,59

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	1	1,20	1	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato 2	7	10,20	7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	1	1,20	1	Terzaghi-Peck 1948	1,36÷1,4
[2] - Strato 2	7	10,20	7	Meyerhof et al e media tra entrambe le correlazioni di Meyerhof et al e Terzaghi-Peck 1948	1,5÷1,6
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	Terzaghi-Peck 1948 e media tra entrambe le correlazioni di Meyerhof et al e Terzaghi-Peck 1948	1,6÷1,7

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	1	1,20	1	Terzaghi-Peck 1948	1,85
[2] - Strato 2	7	10,20	7	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	Terzaghi-Peck 1948	1,97

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato 1	1	1,20	1	65,00	125,00
[2] - Strato 2	7	10,20	7	404,86	410,45
[3] - Strato 3	18	12,00	16,5	906,46	693,09

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	U.S.D.M. S.M	Shioi - Fukuni 1982
[1] - Strato 1	1	1,20	0,06	0,04	0,05
[2] - Strato 2	7	10,20	0,4	0,28	0,35
[3] - Strato 3	18	12,00	1,2	0,70	0,90

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	1	1,20	Robertson (1983)	2,00
[2] - Strato 2	7	10,20	Robertson (1983)	14,00
[3] - Strato 3	18	12,00	Robertson (1983)	36,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato 1	1	1,20	4,59	15,00	11,99	12,50
[2] - Strato 2	7	10,20	32,12	--	73,19	87,50
[3] - Strato 3	18	12,00	82,58	--	185,38	180,00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato 1	1	1,20	-8,90	10,00
[2] - Strato 2	7	10,20	60,10	70,00
[3] - Strato 3	18	12,00	186,60	180,00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato 1	1	1,20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Strato 2	7	10,20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSIST.
[3] - Strato 3	18	12,00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Strato 1	1	1,20	Meyerhof	1,48
[2] - Strato 2	7	10,20	Meyerhof	1,86
[3] - Strato 3	18	12,00	Meyerhof	2,09

Peso unità di volume saturo

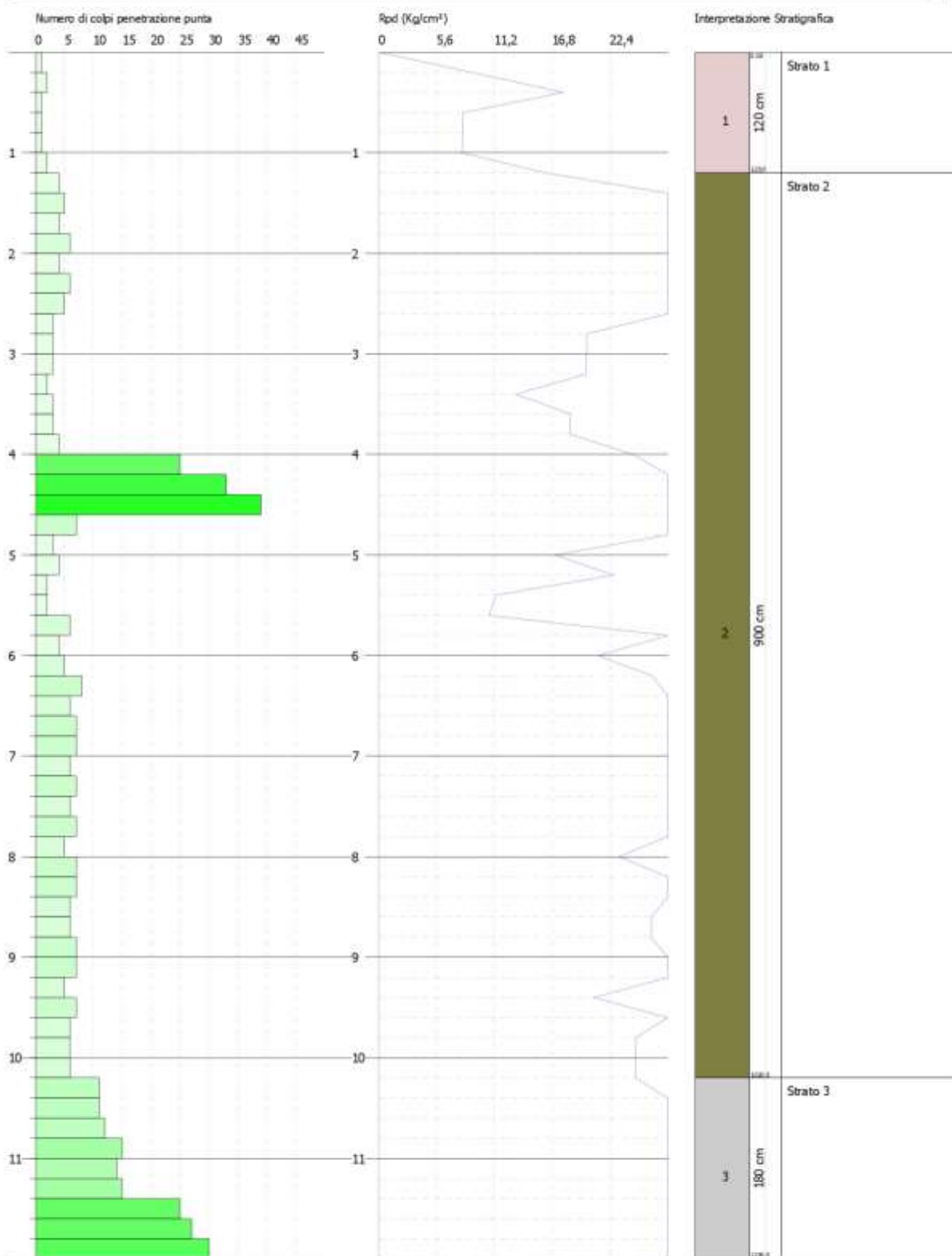
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	1	1,20	Meyerhof	1,84
[2] - Strato 2	7	10,20	Meyerhof	1,90
[3] - Strato 3	18	12,00	Meyerhof	2,30



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 DPSH
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-100 PAGANI

Data: 01/04/2021

Scala 1:54



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

GEOMETRIA SISMICA A RIFRAZIONE:

L'indagine è stata interpretata con 16 geofoni infissi nel terreno ad una distanza prefissata di 2m.

Per le analisi interpretative sono stati utilizzati metodi tradizionali (Intercette), pertanto, simmetricamente lungo lo stendimento sono stati realizzati punti di energizzazione ad offset laterali con distanza dallo stendimento pari a 4m in andata ed in ritorno, in linea agli estremi, ed offset centrale allo stendimento, con registrazione diretta/inversa e centrale dei tempi di arrivo delle onde Vp.

Tuttavia, al fine di migliorare i segnali acquisiti, sono state effettuate più battute nei punti di energizzazione, impostando automaticamente le amplificazioni dei guadagni (gain) in ingresso dei vari geofoni lungo lo stendimento.

La strumentazione adoperata è quella utilizzata per la prospezione sismica MASW.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo della Sara electronic instruments s.r.l. di Perugia, con convertitore digitale a 16 bit reali, e geofoni verticali della Geospace da 4.5 Hz.

La strumentazione è composta da un cavo sismico lungo il quale sono disposti i digitalizzatori, con relative prolunghe dotate di connettori XLR a quattro poli, il tutto collegati ad una unità d'interfaccia "DoReMi master". I dati arrivano direttamente sul pc con frequenze da 200 a 20000 campioni al secondo.

Le principali caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata vengono riassunte come segue:

Tipo Convertitore A/D:	SAR
Input span del convertitore:	5V
Bit:	16
Rapporto segnale rumore @ 500 SPS, gain 27dB	90dB
Rapporto segnale rumore @ 1000 SPS, gain 27dB	88dB
Rapporto segnale rumore @ 10000 SPS, gain 27dB	86dB
Tipo di ingresso:	differenziale non bipolare
Impedenza d'ingresso:	>100kohm
Reiezione di modo comune:	>60dB
Frequenza massima di campionamento:	20000 Hz
Filtro passa basso:	4 poli 200Hz
Filtro passa alto:	1 polo 2Hz
Microprocessore:	8 bit RISC
Frequenza di clock:	11.0592Mhz
Massima sfasatura di campionamento fra i canali :	<30ppm
Massimo errore di trigger fra i canali:	630 nanosecondi
Memoria per canale:	64k
Numero massimo campioni:	30000
Frequenze di campionamento:	200,300,500,1000,1500,2000,3000, 4000,5000,6000,8000,10000,20000 Hz
Numero massimo di canali collegabili:	255
Velocità di comunicazione:	115200 baud N,8,1

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 o, 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 o, 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

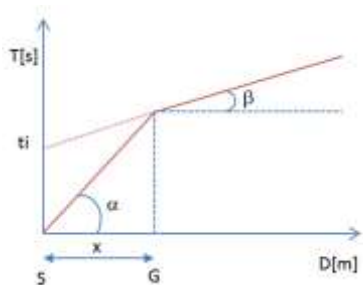
$$T = x_i / V_1$$

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

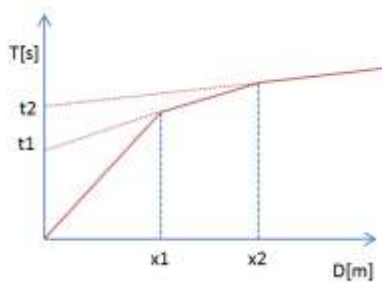
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

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.

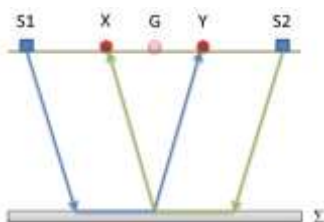


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

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

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

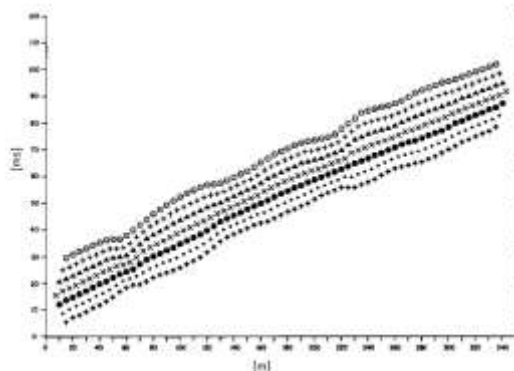
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifratore.



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

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



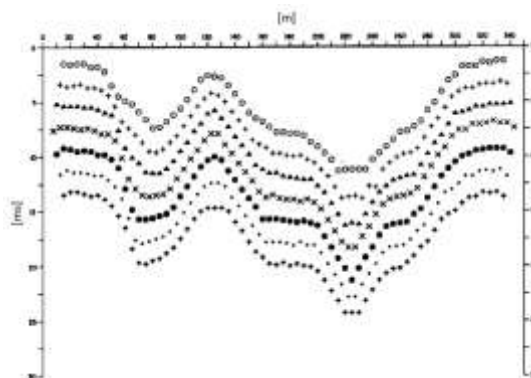
dove TS1Y e TS2X sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre TS1S2 è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. Tv è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione Tv 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 rifratore 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°

RISULTATI RIFRAZIONE N° 1

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0

8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	17.2277
2.0	23.1683
4.0	26.7327
6.0	32.0792
8.0	38.0198
10.0	43.9604
12.0	49.3069
14.0	54.0594
16.0	54.6535
18.0	56.4356
20.0	58.8119
22.0	61.1881
24.0	61.1881
26.0	62.9703
28.0	64.1584
30.0	65.3465

Battuta 2

Posizione sorgente X 15 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

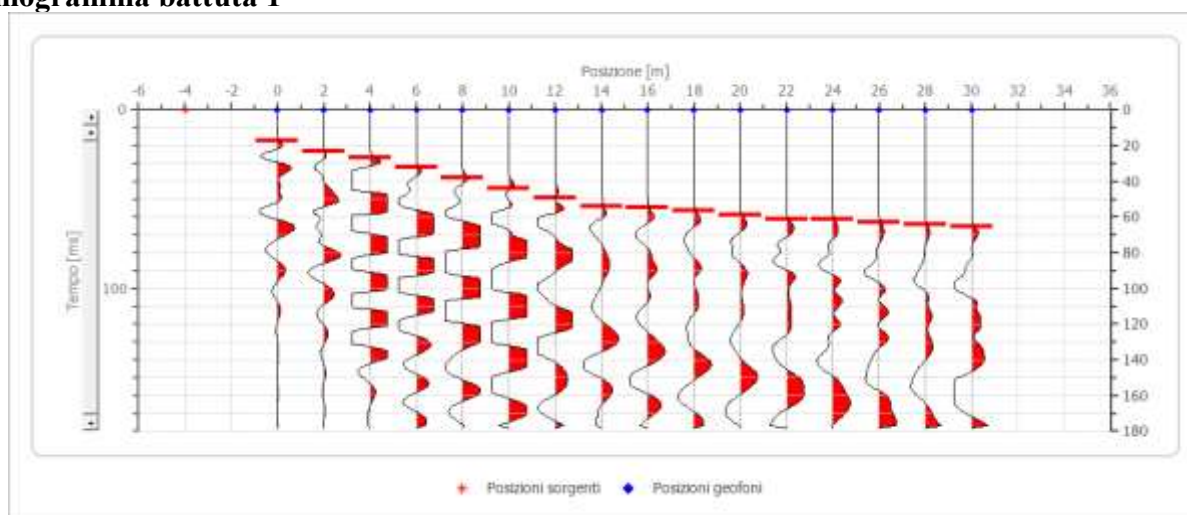
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	38.0198
2.0	33.2673
4.0	31.4851
6.0	27.3267
8.0	20.7921
10.0	16.6337
12.0	11.2871
14.0	4.1584
16.0	4.1584
18.0	11.8812
20.0	17.2277
22.0	22.5743
24.0	24.9505
26.0	30.8911
28.0	33.8614
30.0	37.4257

Battuta 3

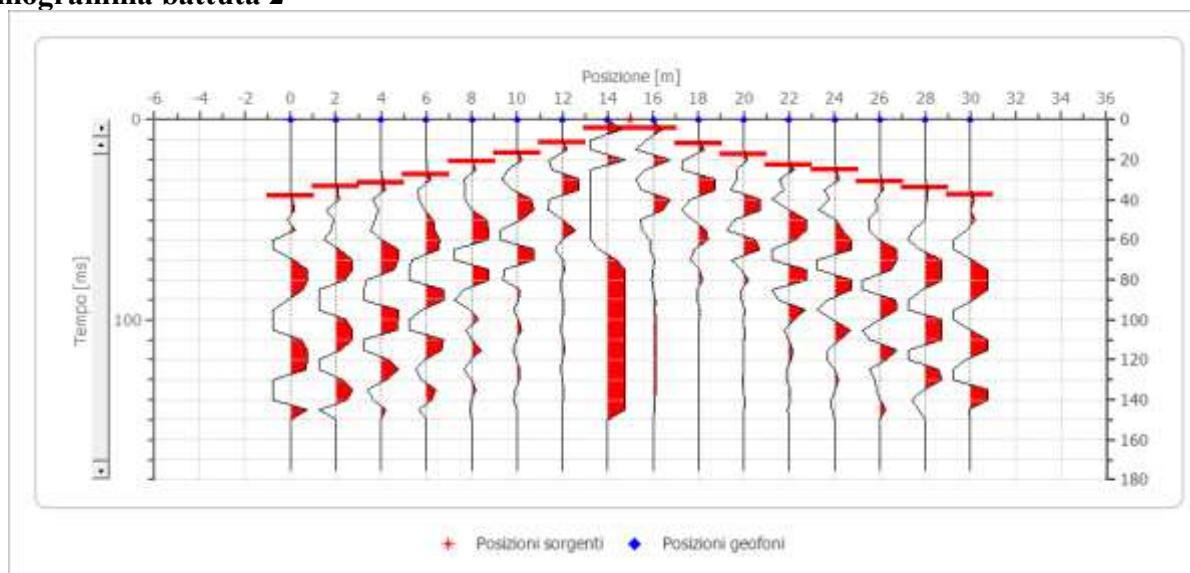
Posizione sorgente X 34 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	68.9109
2.0	67.7228
4.0	64.1584
6.0	62.9703
8.0	61.1881
10.0	59.4059
12.0	58.2178
14.0	55.8416
16.0	53.4653
18.0	50.4951
20.0	43.9604
22.0	37.4257
24.0	30.8911
26.0	25.5446
28.0	20.1980
30.0	15.4455

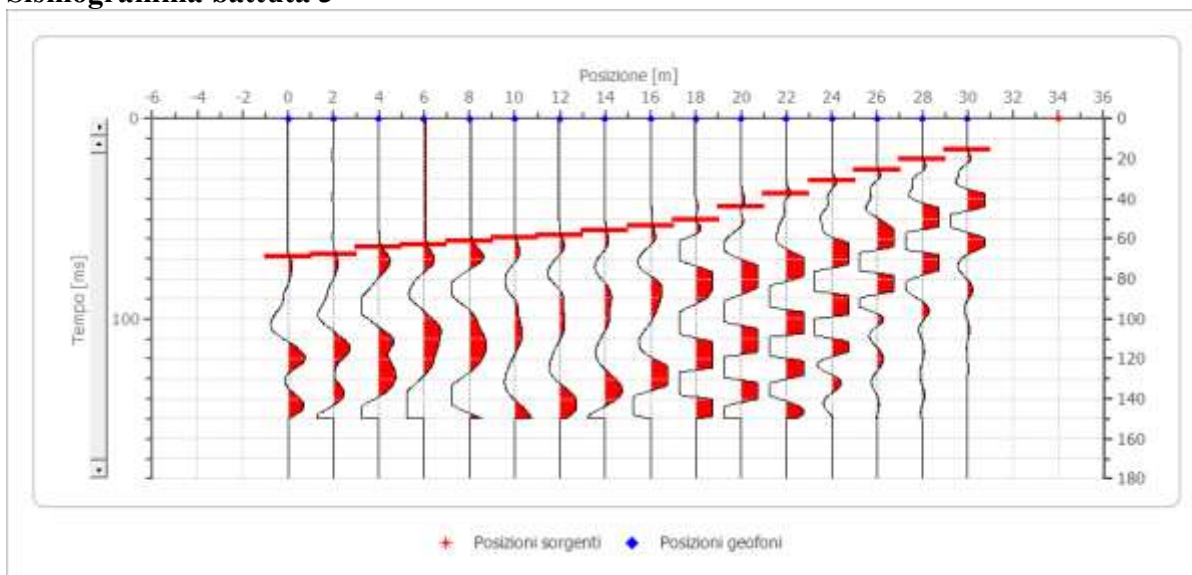
Sismogramma battuta 1



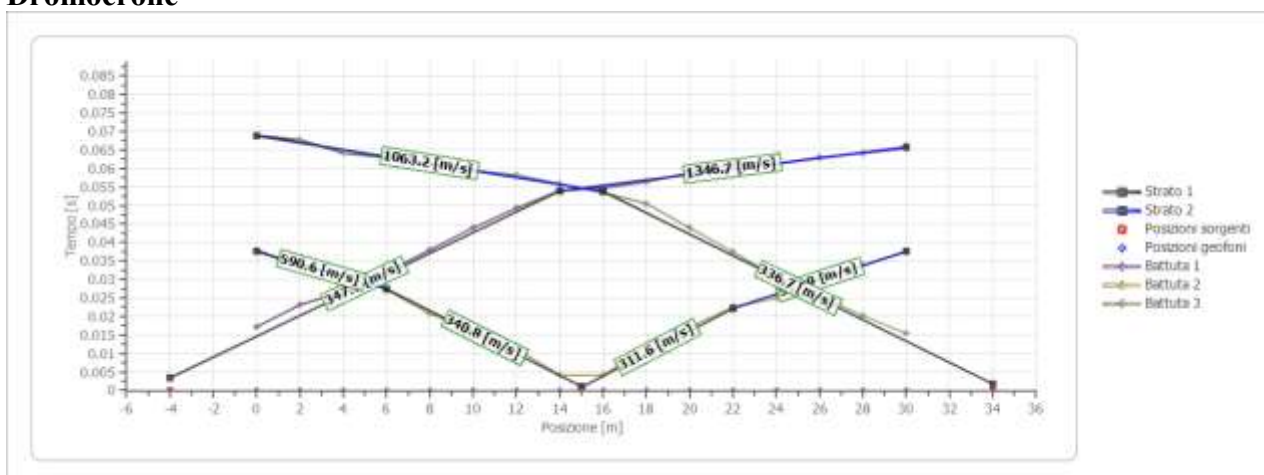
Sismogramma battuta 2



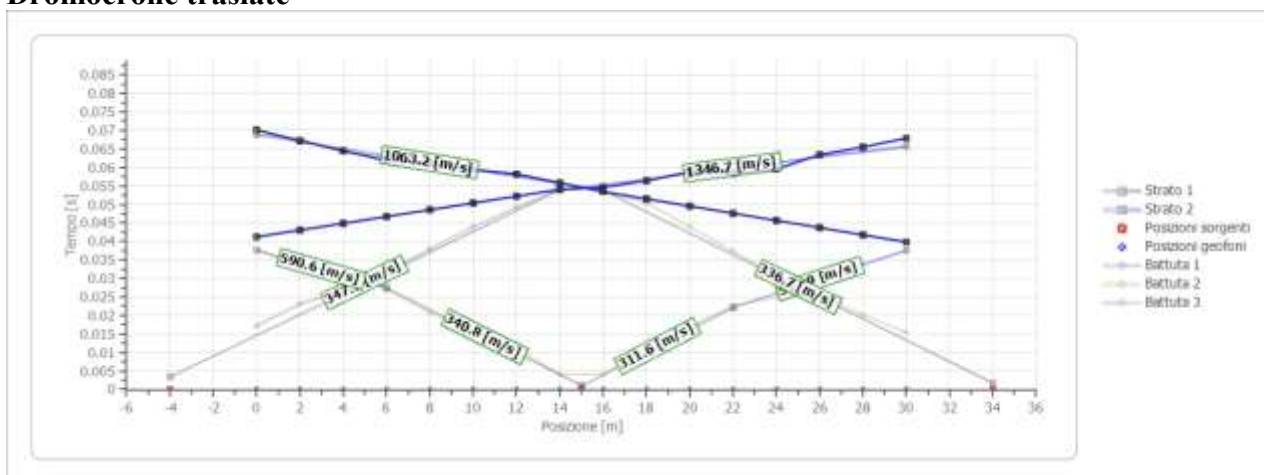
Sismogramma battuta 3



Dromocrone



Dromocrone traslate



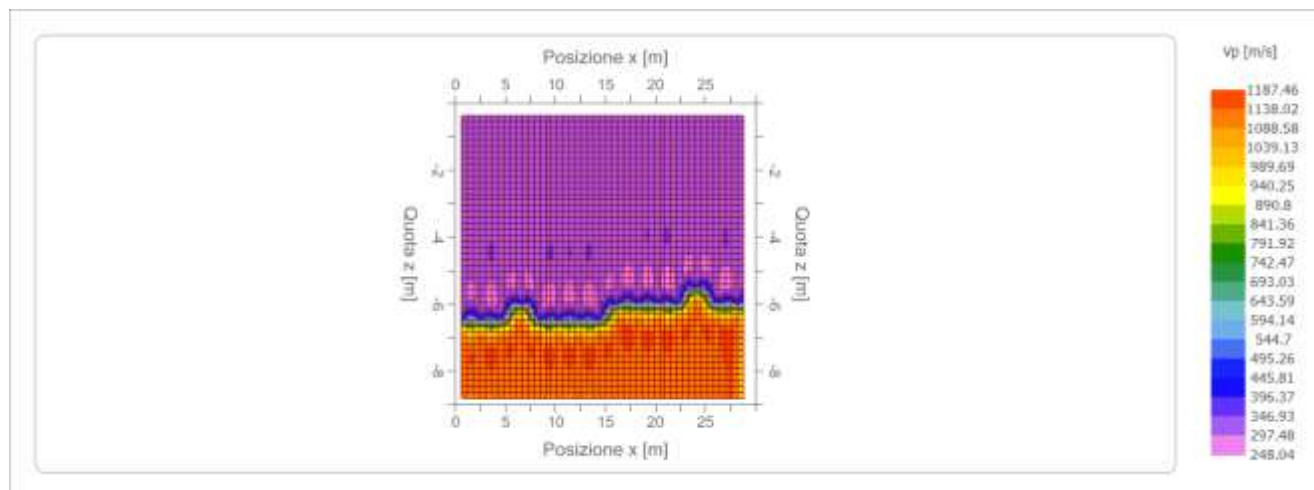
Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	7.0	--
G= 2.0 [m]	6.8	--
G= 4.0 [m]	6.6	--
G= 6.0 [m]	6.5	--
G= 8.0 [m]	6.7	--
G= 10.0 [m]	6.7	--
G= 12.0 [m]	6.8	--
G= 14.0 [m]	6.7	--
G= 16.0 [m]	6.4	--

G= 18.0 [m]	6.4	--
G= 20.0 [m]	6.5	--
G= 22.0 [m]	6.0	--
G= 24.0 [m]	5.9	--
G= 26.0 [m]	6.2	--
G= 28.0 [m]	6.3	--
G= 30.0 [m]	6.3	--
Velocità [m/sec]	334.0	1105.4
Descrizione		

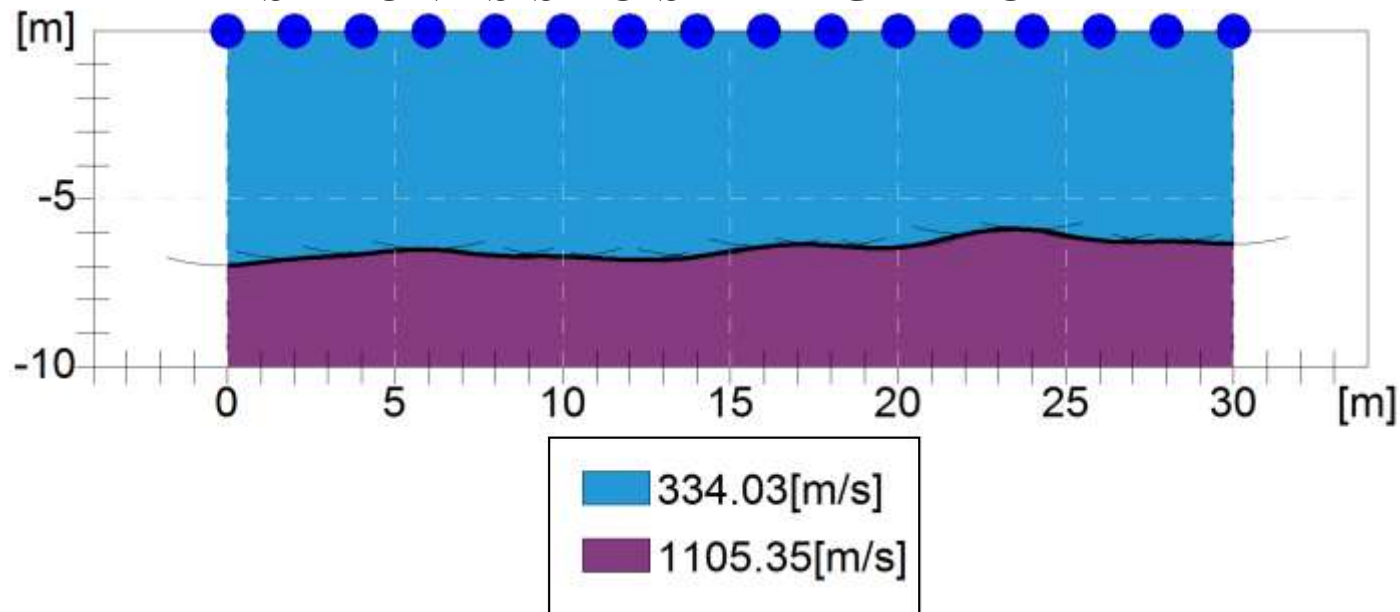
Mappa velocità



Parametri elastico-dinamici medio-indicativi

Stendimento Rifrazione - MASW	Sismostrato n. 1	Sismostrato n. 2
Coefficiente di Poisson	0,29	0,46
Velocità onde longitudinali Vp (m/sec)	334 m/sec	1105 m/sec
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	180 m/sec	300 m/sec
Peso di volume γ (KN/m ³)	15,5 KN/m ³	17 KN/m ³
Modulo di Young Edin (Mpa)	132 Mpa	455 Mpa
Modulo di Rigidità G (Mpa)	51 Mpa	155 Mpa

SEZIONE SISMO-STRATIGRAFICA



Velocità delle Onde Longitudinali VP

RISULTATI RIFRAZIONE N° 2

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	13.8614
2.0	18.8119
4.0	23.7624
6.0	29.7030
8.0	32.6733
10.0	36.6337
12.0	39.6040
14.0	44.0594
16.0	47.0297
18.0	50.4951
20.0	51.9802
22.0	52.9703
24.0	53.9604
26.0	55.9406
28.0	56.4356
30.0	56.9307

Battuta 2

Posizione sorgente X 15 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

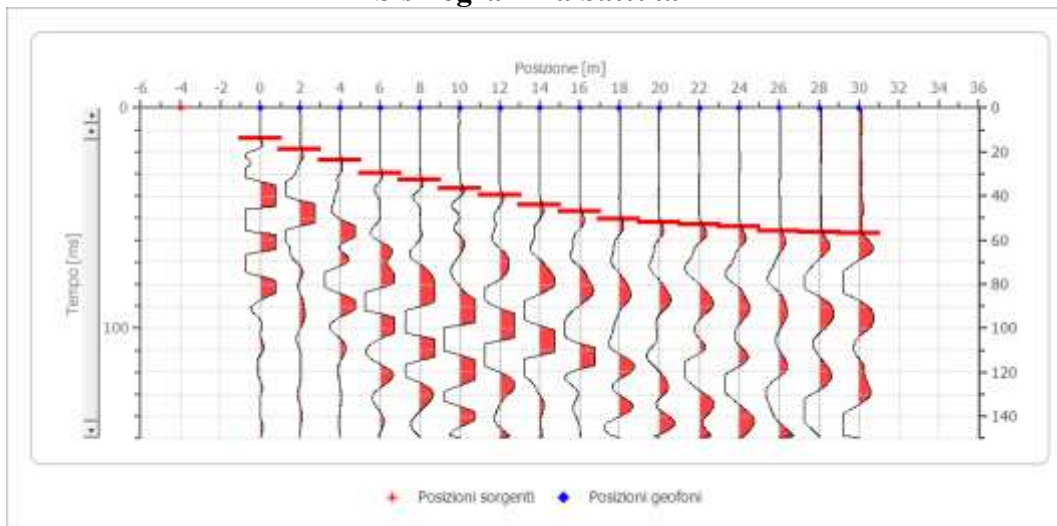
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	36.1386
2.0	32.1782
4.0	28.7129
6.0	25.7426
8.0	21.2871
10.0	14.8515
12.0	9.9010
14.0	2.9703
16.0	3.4653
18.0	10.8911
20.0	17.3267
22.0	22.2772
24.0	27.7228
26.0	29.7030
28.0	33.1683
30.0	37.1287

Battuta 3

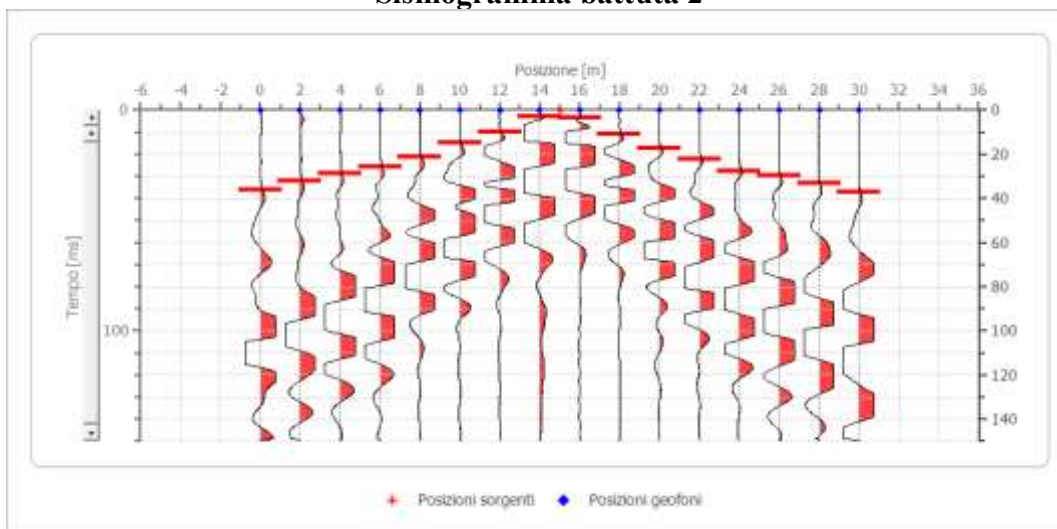
Posizione sorgente X 34 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	58.4158
2.0	58.4158
4.0	57.4257
6.0	55.9406
8.0	53.9604
10.0	52.4752
12.0	50.9901
14.0	48.0198
16.0	45.5446
18.0	42.0792
20.0	36.6337
22.0	33.6634
24.0	28.7129
26.0	24.7525
28.0	16.8317
30.0	12.8713

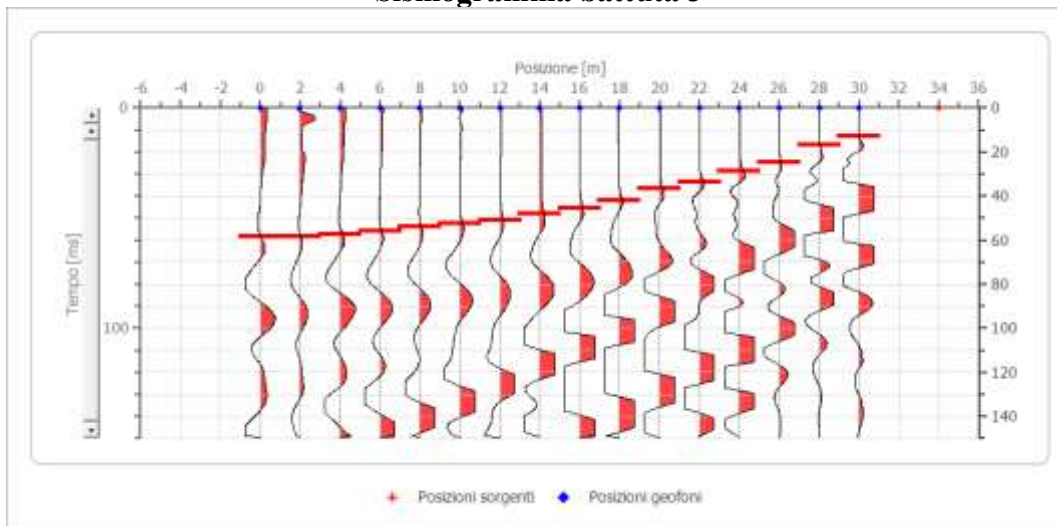
Sismogramma battuta 1



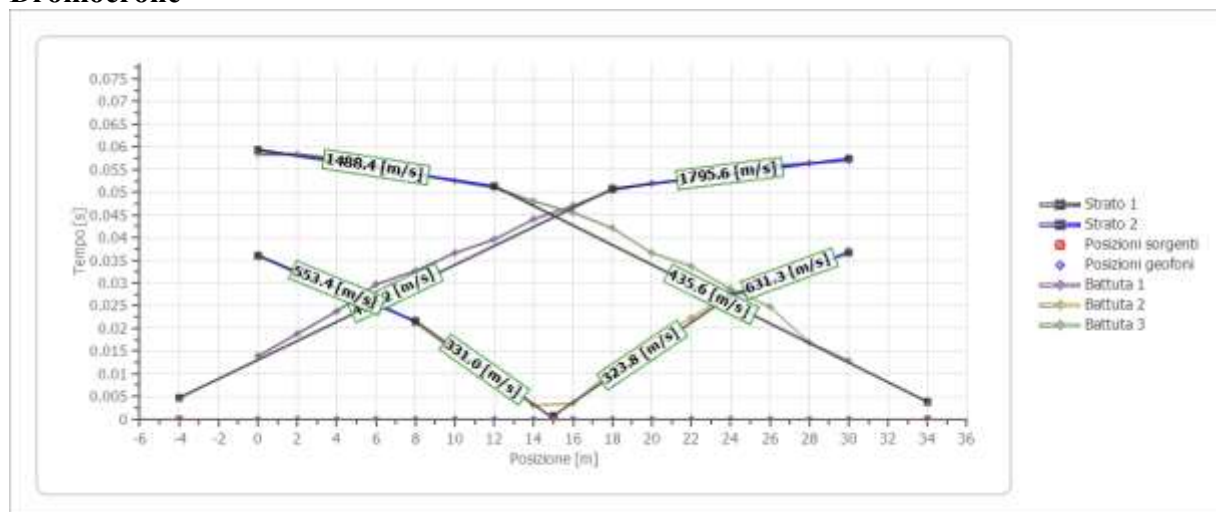
Sismogramma battuta 2



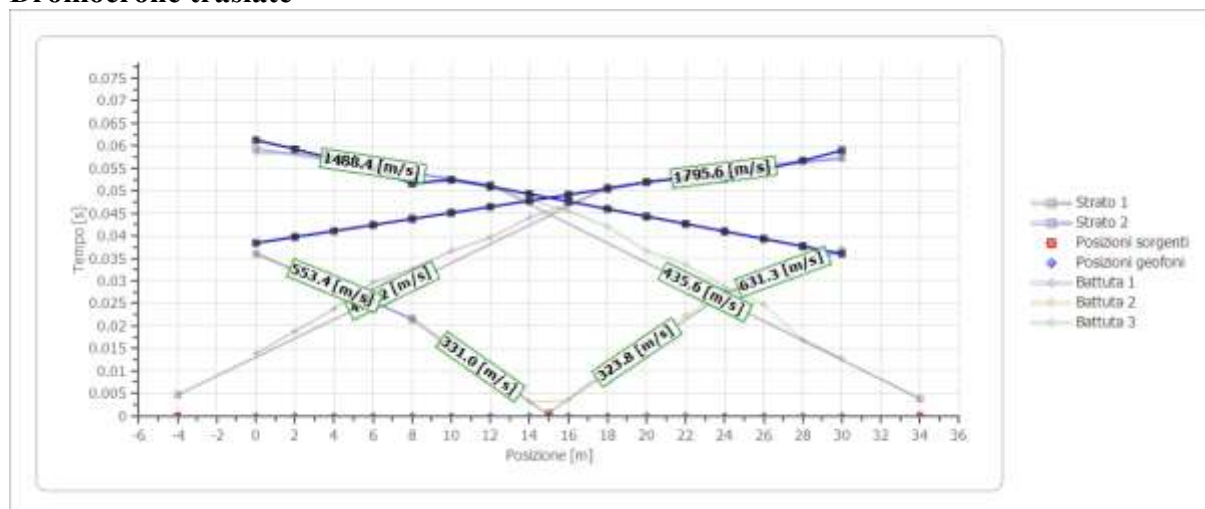
Sismogramma battuta 3



Dromocrone



Dromocrone traslate

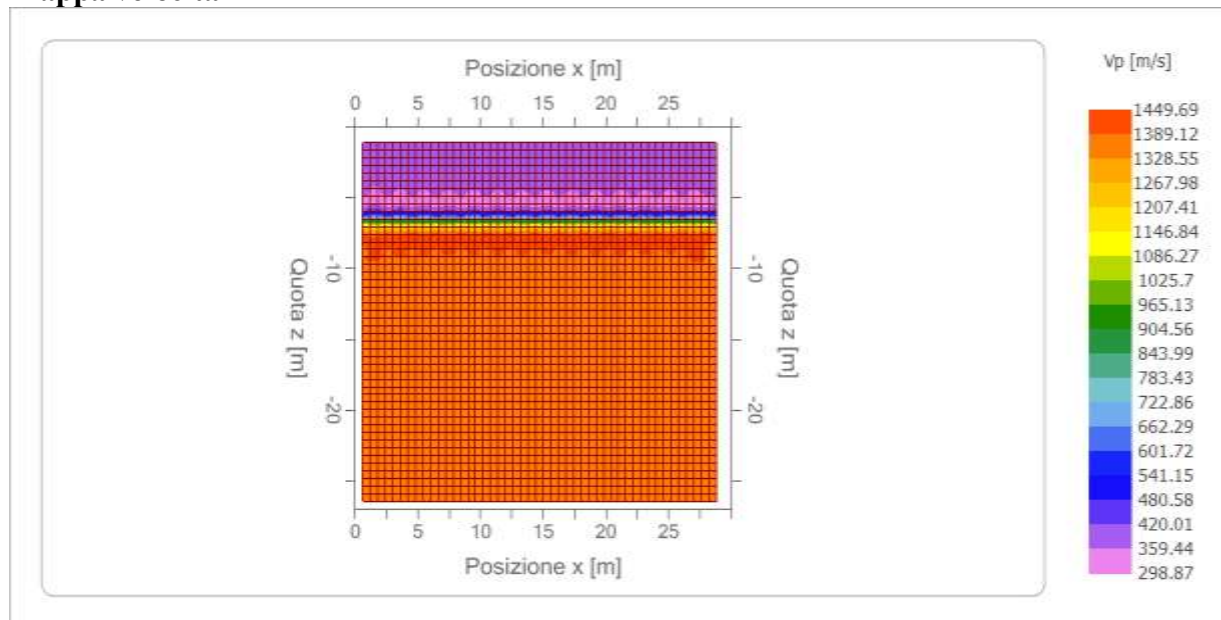


Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

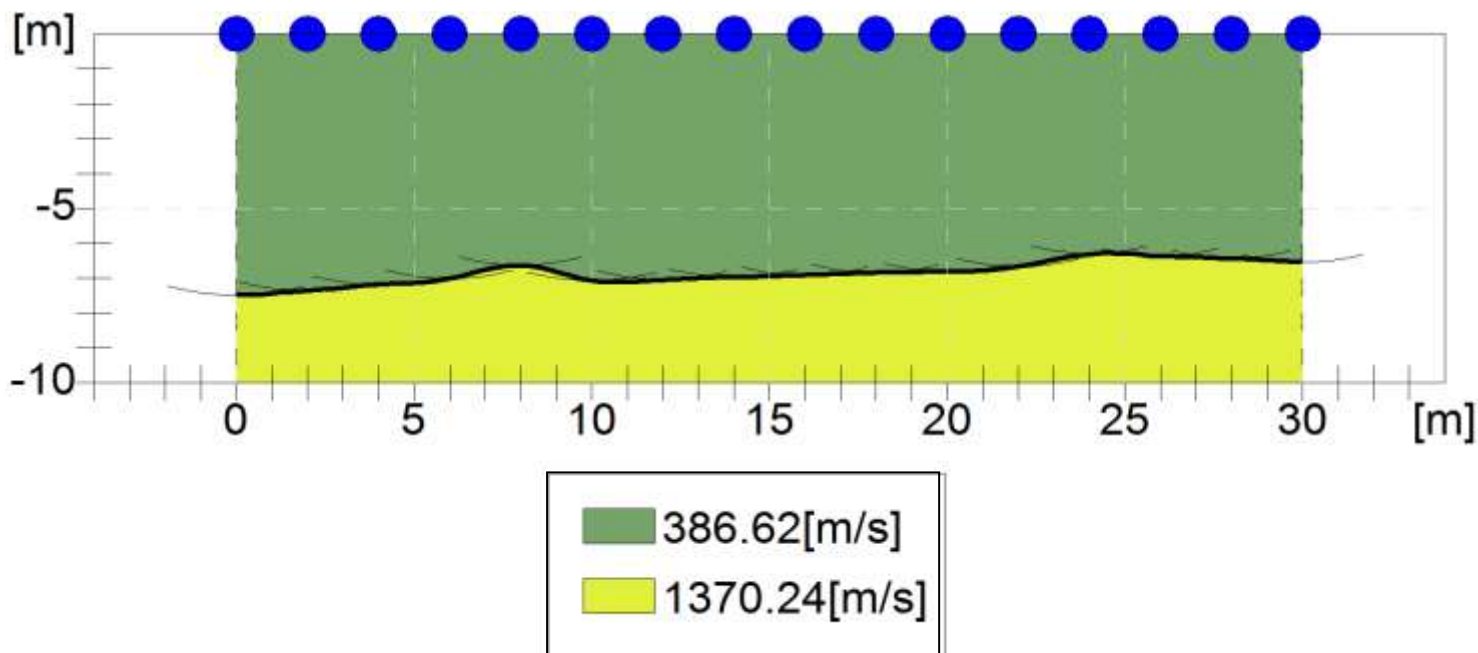
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	7.5	--
G= 2.0 [m]	7.4	--
G= 4.0 [m]	7.2	--
G= 6.0 [m]	7.0	--
G= 8.0 [m]	6.6	--
G= 10.0 [m]	7.1	--
G= 12.0 [m]	7.0	--
G= 14.0 [m]	7.0	--
G= 16.0 [m]	6.9	--
G= 18.0 [m]	6.9	--
G= 20.0 [m]	6.8	--
G= 22.0 [m]	6.7	--
G= 24.0 [m]	6.3	--
G= 26.0 [m]	6.4	--
G= 28.0 [m]	6.4	--
G= 30.0 [m]	6.5	--
Velocità [m/sec]	386.6	1370.2
Descrizione		

Mappa velocità



Parametri elastico-dinamici medio-indicativi

Stendimento Rifrazione - MASW	Sismostrato n. 1	Sismostrato n. 2
Coefficiente di Poisson	0,31	0,47
Velocità onde longitudinali Vp (m/sec)	386 m/sec	1370 m/sec
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	200 m/sec	282 m/sec
Peso di volume γ (KN/m ³)	15,5 KN/m ³	16 KN/m ³
Modulo di Young Edin (Mpa)	166 Mpa	383 Mpa
Modulo di Rigidità G (Mpa)	63 Mpa	129 Mpa



Velocità delle Onde Longitudinali VP

RISULTATI RIFRAZIONE N° 3

Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	0.0	0.0
2	2.0	0.0
3	4.0	0.0
4	6.0	0.0
5	8.0	0.0
6	10.0	0.0
7	12.0	0.0
8	14.0	0.0
9	16.0	0.0
10	18.0	0.0
11	20.0	0.0
12	22.0	0.0
13	24.0	0.0
14	26.0	0.0
15	28.0	0.0
16	30.0	0.0

Dati battute

Battuta 1

Posizione sorgente X -4 [m]

Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	5.9406
2.0	9.9010
4.0	15.3465
6.0	18.3168
8.0	20.2970
10.0	23.2673
12.0	25.7426
14.0	26.7327
16.0	28.2178
18.0	29.2079
20.0	30.1980
22.0	32.1782
24.0	33.1683
26.0	34.1584
28.0	34.6535
30.0	35.6436

Battuta 2

Posizione sorgente X 15 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

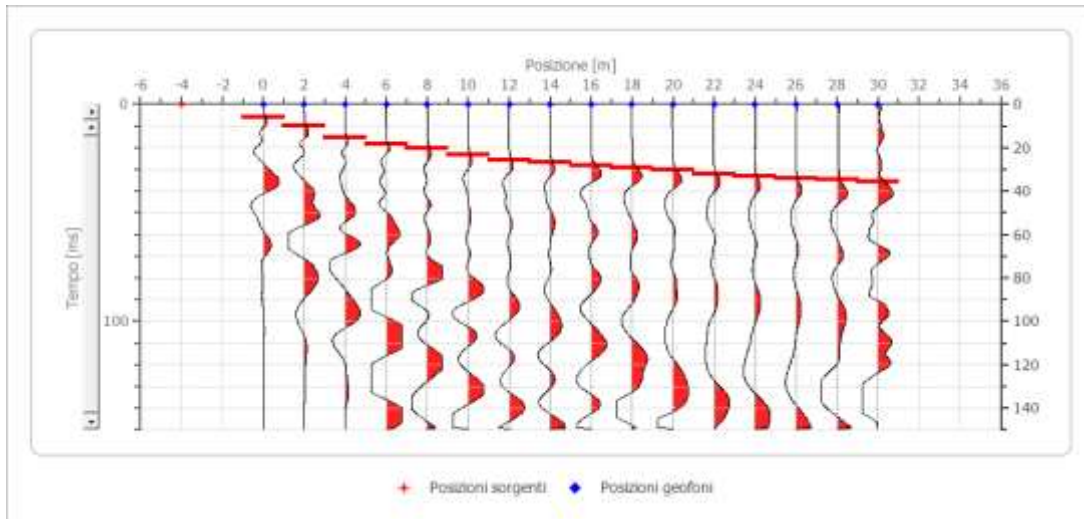
Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	26.2376
2.0	25.2475
4.0	23.2673
6.0	19.8020
8.0	15.8416
10.0	11.3861
12.0	4.9505
14.0	2.4752
16.0	2.4752
18.0	5.4455
20.0	10.3960
22.0	14.3564
24.0	18.8119
26.0	21.2871
28.0	23.7624
30.0	26.2376

Battuta 3

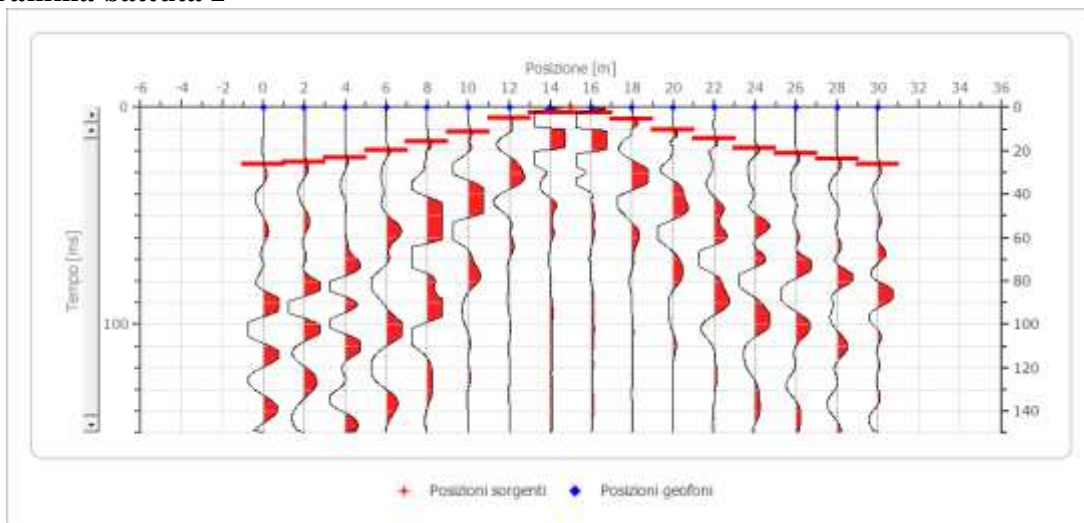
Posizione sorgente X 34 [m]
 Posizione sorgente Z 0 [m]

Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
0.0	50.4951
2.0	48.5149
4.0	46.0396
6.0	45.0495
8.0	44.0594
10.0	42.5743
12.0	41.5842
14.0	39.1089
16.0	38.1188
18.0	36.1386
20.0	34.1584
22.0	30.6931
24.0	25.7426
26.0	22.7723
28.0	18.8119
30.0	14.3564

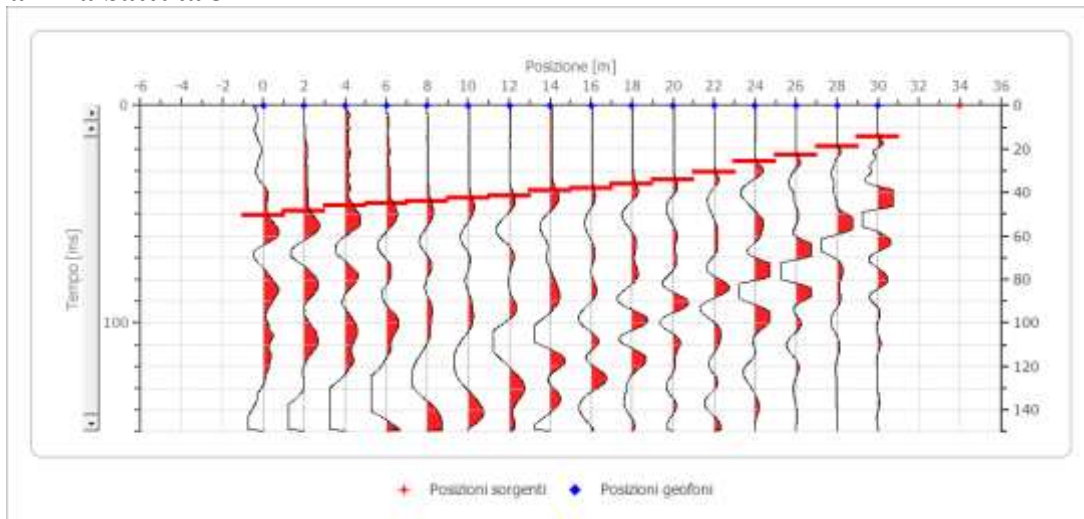
Sismogramma battuta 1



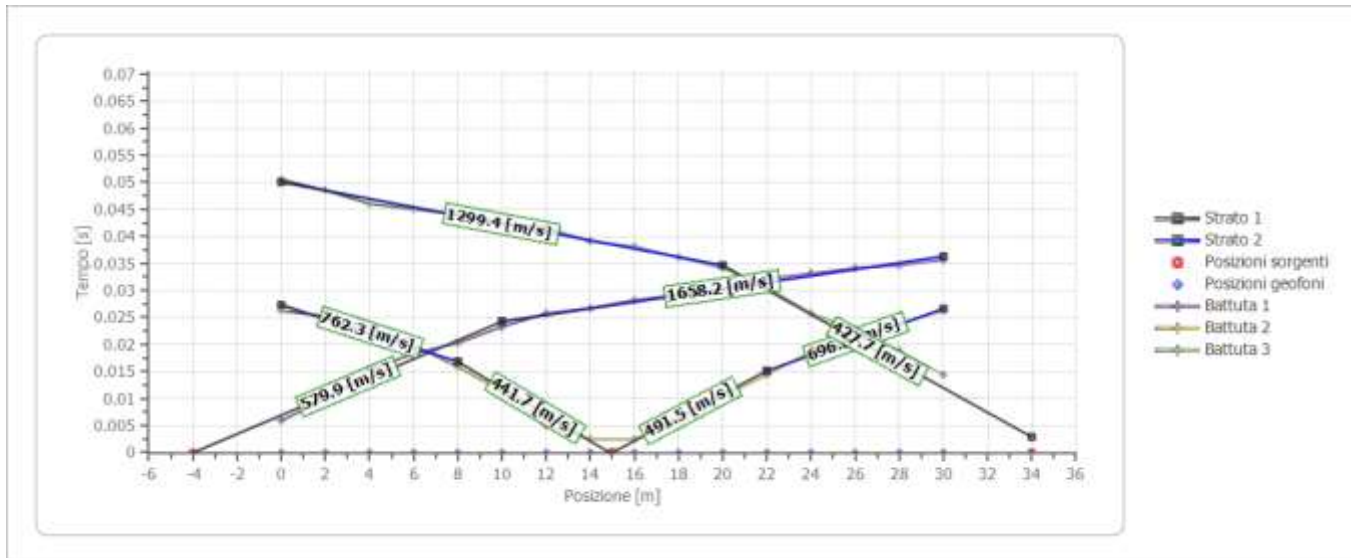
Sismogramma battuta 2



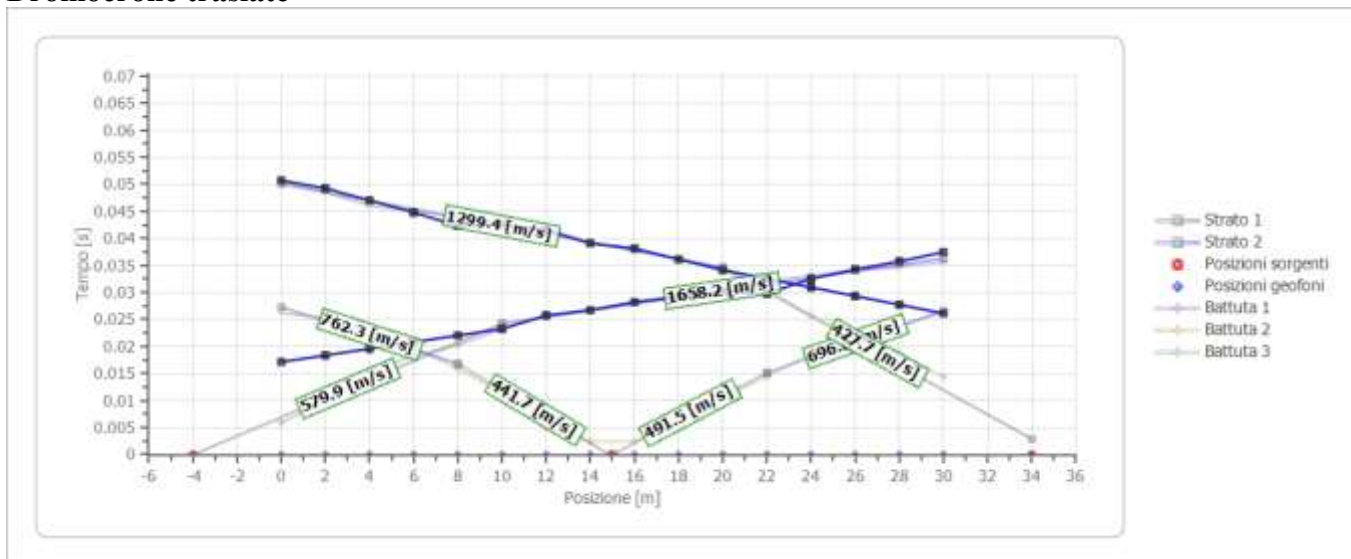
Sismogramma battuta 3



Dromocrone



Dromocrone traslate

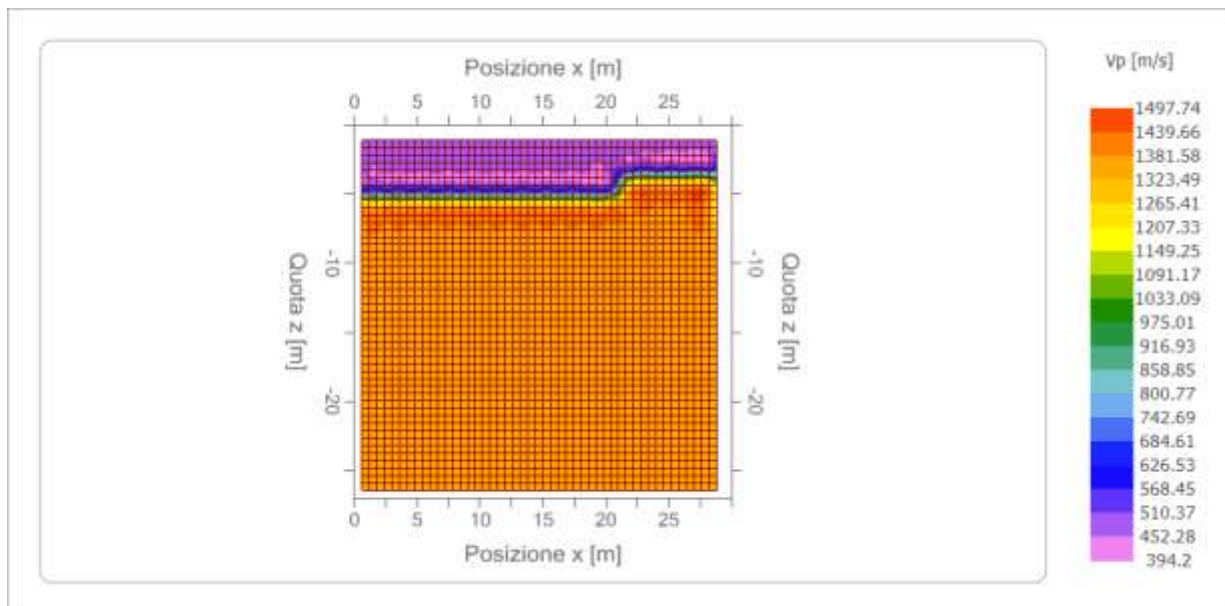


Interpretazione col metodo G.,R.M.

XY: 0

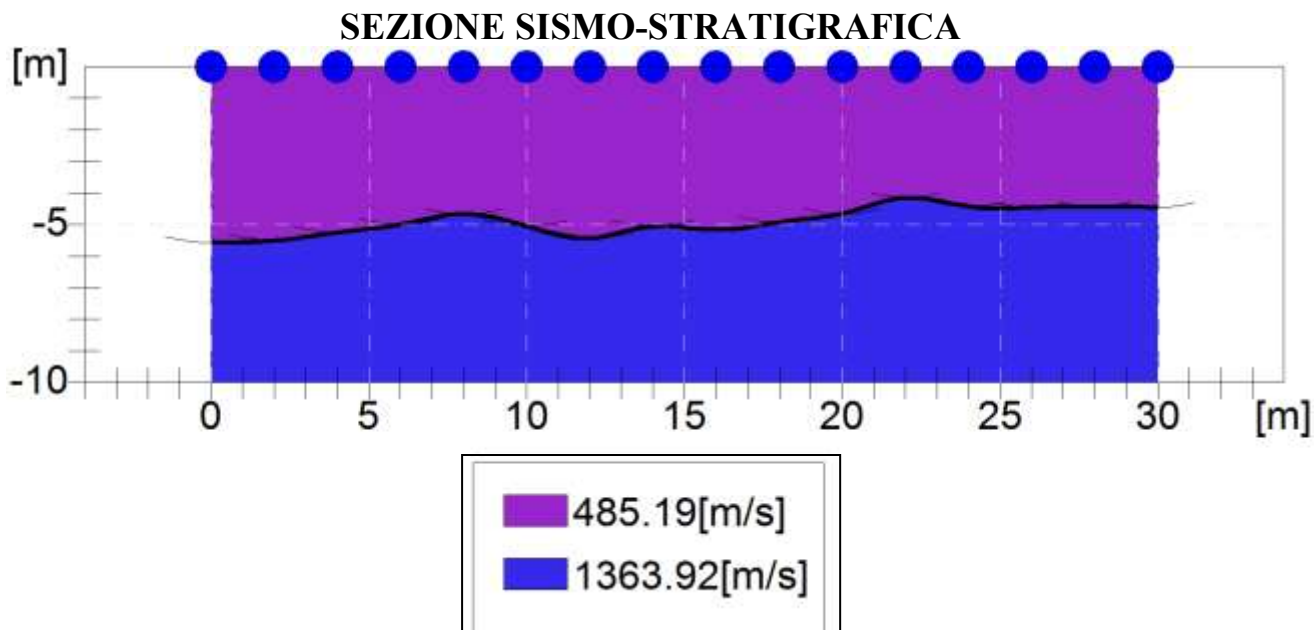
	Strato n. 1	Strato n. 2
G= 0.0 [m]	5.6	--
G= 2.0 [m]	5.5	--
G= 4.0 [m]	5.2	--
G= 6.0 [m]	5.0	--
G= 8.0 [m]	4.7	--
G= 10.0 [m]	5.0	--
G= 12.0 [m]	5.4	--
G= 14.0 [m]	5.0	--
G= 16.0 [m]	5.2	--
G= 18.0 [m]	4.9	--
G= 20.0 [m]	4.7	--
G= 22.0 [m]	4.1	--
G= 24.0 [m]	4.4	--
G= 26.0 [m]	4.5	--
G= 28.0 [m]	4.4	--
G= 30.0 [m]	4.5	--
Velocità [m/sec]	485.2	1363.9
Descrizione		

Mappa velocità



Parametri elastico-dinamici medio-indicativi

Stendimento Rifrazione - MASW	Sismostrato n. 1	Sismostrato n. 2
Coefficiente di Poisson	0,42	0,48
Velocità onde longitudinali Vp (m/sec)	485 m/sec	1363 m/sec
Velocità onde trasversali Vs (m/sec)	180 m/sec	220 m/sec
Peso di volume γ (KN/m ³)	15,5 KN/m ³	16 KN/m ³
Modulo di Young Edin (Mpa)	145 Mpa	234 Mpa
Modulo di Rigidità G (Mpa)	51 Mpa	78 Mpa



Velocità delle Onde Longitudinali VP

RIASSUNTO PARAMETRI GEOTECNICI

Il sito in interesse è posto nel Comune di Crotona (Kr), presso la località San Biagio. Gli elementi di conoscenza ricavati dalle indagini geognostiche eseguite nel sito, risultano sufficienti per giungere alla modellazione GEOLITOLOGICA e litostratigrafica dei terreni dell'area oggetto di studio.

La tabella schematica sotto riportata, realizzata tramite correlazione delle prove in sito, permette di rappresentare l'andamento medio degli orizzonti nel sottosuolo distinti in base alle caratteristiche litologico – meccaniche e ne chiarisce nel contempo i rapporti stratigrafici maggiormente significativi.

I parametri geotecnici di seguito riportati sono propedeutici alla individuazione dei valori caratteristici da utilizzare, in relazione alle problematiche geotecniche nonché al volume significativo di terreno interessato, nella verifica agli stati limite di interesse. I valori da adottare nelle verifiche di calcolo, che possono essere tratti dalla tabella sottostante, dovranno rispondere al criterio di “stima ragionata e cautelativa” (paragrafo 6.2.2 NTC).

Litotipo	Profondità (m)	γ (T/m ³)	ϕ°	Cu (Kg/cm ²)	C' (Kg/cm ²)	E _{ed} (Kg/cm ²)	E _y (Kg/cm ²)	Dr %
Limo sabbioso con ciottoli, poco consistente	0.0 – 10.0	1.75	24	0,5	0.05	20	0.3	21
Sabbie ghiaiose/calcareniti tenete	1.0 – 15.0	1.85	32	1,0	0.1	32	14	46
Limo argilloso consistente	-	2.0	24	1,5	0.23	-	-	---

E_{ed} = Modulo Edometrico (Kg/cm²)

E = Modulo di Young (Kg/cm²)

γ = Peso unità di volume (gr/cm³)

Cu = Coesione non drenata (Kg/cm²)

ϕ° = Angolo di resistenza al taglio (°)

Dr = Densità relativa (%)

STABILITA' DEL VERSANTE

VERIFICA DI CALCOLO SEZIONE A-A'
(Condizioni naturali del versante)

RELAZIONE DI CALCOLO

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- (a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- (b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di FELLENIUS (1927)

Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

n valori delle forze normali N_i ;

n valori delle forze da taglio T_i ;

1 fattore di sicurezza.

Incognite (2n+1)

Le equazioni a disposizione sono:

n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;

n equazioni relative al criterio di rottura;

1 equazione di equilibrio dei momenti globale.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos \alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan \varphi_i \}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\sum F_v = 0$, $\sum M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di JANBU (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio) a tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario.

Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_o F$$

dove f_o è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici.

Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

Metodo di BELL (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \phi_i}{F}$$

in cui

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

ϕ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1(1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$W_i \cos \alpha_i / L_i =$ valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei conci.

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

Dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Si assume una relazione di linearità tra detto coefficiente, determinabile tramite la regola di Cramer, ed il fattore di sicurezza F . Il corretto valore di F può essere ottenuto dalla formula di interpolazione lineare:

$$F = F(2) + \left(\frac{1 - C_3(2)}{C_3(2) - C_3(1)} \right) (F(2) - F(1))$$

dove i numeri in parentesi (1) e (2) indicano i valori iniziale e successivo dei parametri F e C_3 .

Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di SARMA (1973)

Il metodo di **Sarma** è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;

L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel metodo di **Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:

$$* \sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$** \sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'*accelerazione critica*.

Si ha pertanto:

$K = K_c$ accelerazione critica se $F = 1$

$F = F_s$ fattore di sicurezza in condizioni statiche se $K = 0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di SPENCER

Il metodo è basato sull'assunzione:

Le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ . tutti i momenti sono nulli $M_i = 0 \quad i=1 \dots n$

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$.

Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$\sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W s \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum(Q_i \cos\theta) = 0 \quad \sum(Q_i \sin\theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$\sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia $F_{sm} = F_{sf}$.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE

Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione $f(x)$ è scelta arbitrariamente (costante, sinusoidale, semisinusoidale, trapezia, spezzata...) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_s , il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU .

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + \operatorname{tg} \varphi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) =$$

$$= \frac{dE}{dx} - \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una seconda equazione, detta “equazione dei momenti”, viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.

Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l’uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL’AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell’azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l’azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell’azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d’inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

K_o : Coefficiente sismico orizzontale

K_v : Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_o e K_v in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = \beta s \times (a_{\max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_0$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_S \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

VERIFICA SEZ 1 (A-A') ANTE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii conBISHOP

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	207,26 m
Ascissa vertice destro superiore xs	245,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	298,75 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.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0245
Coefficiente azione sismica verticale	0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	50,0
2	20,0	55,0
3	28,0	60,0
4	42,0	65,0
5	55,0	70,0
6	68,0	75,0

7	75,0	80,0
8	94,0	85,0
9	112,0	90,0
10	132,0	95,0
11	147,0	100,0
12	165,0	105,0
13	175,0	110,0
14	192,0	115,0
15	202,0	120,0
16	209,0	122,0
17	211,0	124,0
18	218,0	125,0
19	450,0	125,0
20	510,0	120,0
21	518,0	115,0
22	530,0	110,0
23	538,0	105,0
24	550,0	100,0
25	562,0	95,0
26	580,0	90,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	44,06
2	27,01	54,02
3	51,09	63,89
4	70,22	71,3
5	85,04	77,47
6	110,97	84,27
7	146,78	95,99
8	169,62	102,17
9	189,99	110,81
10	205,42	116,37
11	208,33	117,0
12	509,57	117,0
13	520,05	114,15
14	530,0	110,0
15	538,0	105,0
16	550,0	100,0
17	562,0	95,0
18	580,0	90,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.1		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		22	2000	2005	0,00	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

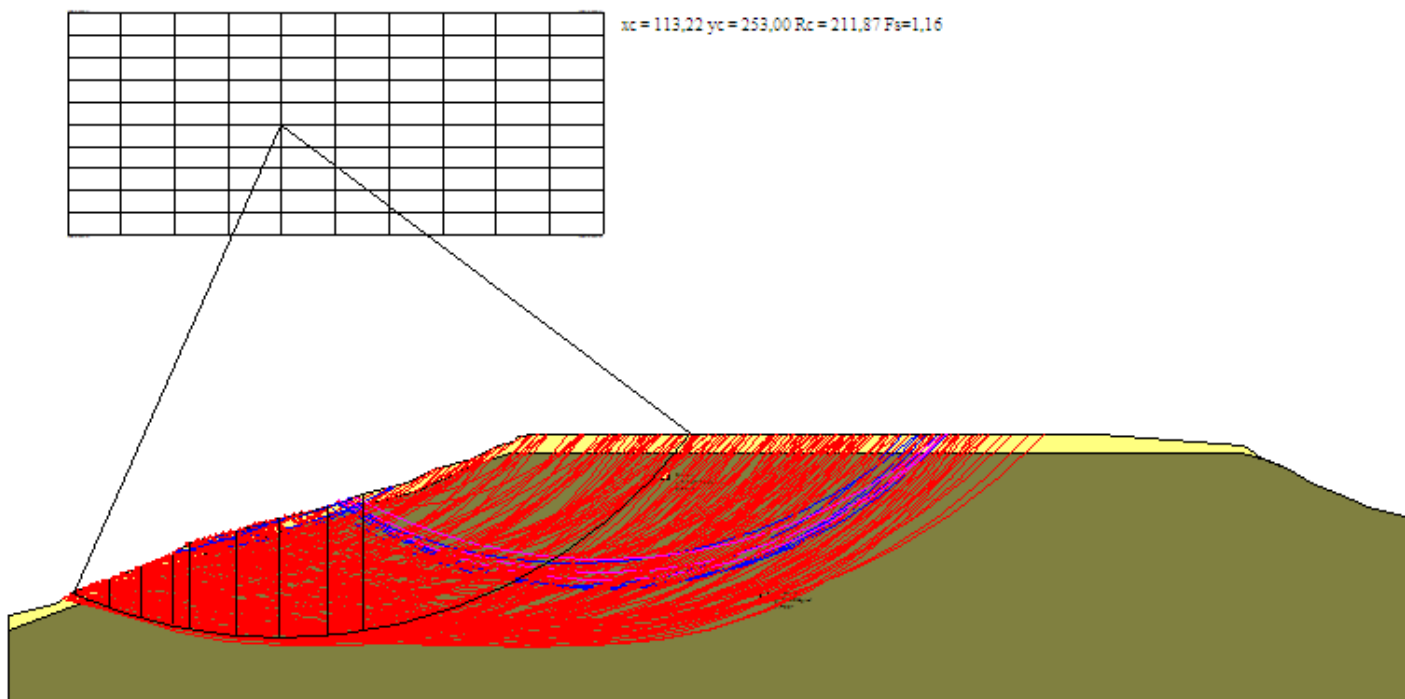
Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	113,22 m
Ordinata centro superficie	253,0 m
Raggio superficie	211,87 m

Numero di superfici esaminate....(208)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	35,8	211,8	152,0	1,44
2	46,9	207,3	150,7	1,42
3	57,9	211,8	142,0	1,67
4	69,0	207,3	156,9	1,32
5	80,0	211,8	164,1	1,24
6	91,1	207,3	149,0	1,40
7	102,2	211,8	155,2	1,32
8	113,2	207,3	169,7	1,24
9	124,3	211,8	173,1	1,24
10	135,3	207,3	169,1	1,31
11	146,4	211,8	115,6	1,50
12	157,4	207,3	168,5	1,46
13	168,5	211,8	173,4	1,46
14	179,6	207,3	169,1	1,55
15	190,6	211,8	174,0	1,61
16	201,7	207,3	169,7	1,59
17	212,7	211,8	174,6	1,59
18	223,8	207,3	153,2	1,69
19	234,8	211,8	174,1	1,59
20	245,9	207,3	169,0	1,64
21	24,8	216,4	154,1	1,51
22	35,8	221,0	159,2	1,50
23	46,9	216,4	142,5	1,87
24	57,9	221,0	163,8	1,41
25	69,0	216,4	163,6	1,31
26	80,0	221,0	152,6	1,52
27	91,1	216,4	171,6	1,21
28	102,2	221,0	179,4	1,17
29	113,2	216,4	177,1	1,23
30	124,3	221,0	181,3	1,24
31	135,3	216,4	157,7	1,41
32	146,4	221,0	162,8	1,51
33	157,4	216,4	121,3	1,54
34	168,5	221,0	145,5	1,59
35	179,6	216,4	160,1	1,60
36	190,6	221,0	165,2	1,63
37	201,7	216,4	178,8	1,60
38	212,7	221,0	182,7	1,60
39	223,8	216,4	178,6	1,60
40	234,8	221,0	181,8	1,61
41	245,9	216,4	177,7	1,66
42	24,8	225,6	161,4	1,59
43	46,9	225,6	164,7	1,45
44	57,9	230,1	170,8	1,41
45	69,0	225,6	152,1	1,75
46	80,0	230,1	177,5	1,30
47	91,1	225,6	178,0	1,20
48	102,2	230,1	187,1	1,16
49	113,2	225,6	185,6	1,23
50	124,3	230,1	190,4	1,24
51	135,3	225,6	186,2	1,25
52	146,4	230,1	191,0	1,33
53	157,4	225,6	186,8	1,34
54	168,5	230,1	191,6	1,47
55	179,6	225,6	169,1	1,61
56	190,6	230,1	190,9	1,56
57	201,7	225,6	168,1	1,64
58	212,7	230,1	170,0	1,74
59	223,8	225,6	186,0	1,62
60	234,8	230,1	189,2	1,63
61	245,9	225,6	164,7	2,60
62	35,8	239,3	173,6	1,62
63	46,9	234,7	171,8	1,47
64	57,9	239,3	178,6	1,43
65	69,0	234,7	177,7	1,36
66	80,0	239,3	166,4	1,59
67	91,1	234,7	166,5	1,45
68	102,2	239,3	195,2	1,16
69	113,2	234,7	174,7	1,37
70	124,3	239,3	179,8	1,39
71	135,3	234,7	195,3	1,26
72	146,4	239,3	180,8	1,51
73	157,4	234,7	195,9	1,34
74	168,5	239,3	199,2	1,47
75	179,6	234,7	175,4	1,62
76	190,6	239,3	198,3	1,57
77	201,7	234,7	194,2	1,62
78	212,7	239,3	175,7	1,76
79	223,8	234,7	193,3	1,64
80	234,8	239,3	176,6	2,48
81	245,9	234,7	172,9	2,61
82	35,8	248,4	182,2	1,60
83	46,9	243,9	180,1	1,49

84	57,9	248,4	168,0	4,44
85	69,0	243,9	166,9	1,99
86	80,0	248,4	174,9	1,62
87	91,1	243,9	194,5	1,18
88	102,2	248,4	203,3	1,16
89	113,2	243,9	183,7	1,26
90	124,3	248,4	208,3	1,25
91	135,3	243,9	204,1	1,27
92	146,4	248,4	186,4	1,52
93	157,4	243,9	203,3	1,35
94	168,5	248,4	206,6	1,48
95	179,6	243,9	181,0	1,62
96	190,6	248,4	183,0	1,67
97	201,7	243,9	201,6	1,63
98	212,7	248,4	206,2	1,64
99	223,8	243,9	202,0	1,66
100	234,8	248,4	207,0	1,67
101	245,9	243,9	181,9	2,61
102	24,8	253,0	184,9	1,63
103	46,9	253,0	188,9	1,48
104	57,9	257,6	196,1	1,42
105	69,0	253,0	195,0	1,33
106	80,0	257,6	183,5	1,60
107	91,1	253,0	202,9	1,23
108	102,2	257,6	210,9	1,22
109	113,2	253,0	211,9	1,16
110	124,3	257,6	215,6	1,26
111	135,3	253,0	211,5	1,27
112	146,4	257,6	192,0	1,52
113	157,4	253,0	210,7	1,36
114	168,5	257,6	213,9	1,49
115	179,6	253,0	186,7	1,65
116	190,6	257,6	191,2	1,68
117	201,7	253,0	210,3	1,65
118	212,7	257,6	215,2	1,66
119	223,8	253,0	211,1	1,67
120	234,8	257,6	216,1	1,69
121	245,9	253,0	190,9	2,62
122	24,8	262,2	194,0	1,61
123	35,8	266,7	200,2	1,63
124	46,9	262,2	197,9	1,51
125	57,9	266,7	205,0	1,41
126	69,0	262,2	203,7	1,32
127	80,0	266,7	190,2	1,69
128	91,1	262,2	190,1	1,43
129	102,2	266,7	195,3	1,36
130	113,2	262,2	196,0	1,37
131	124,3	266,7	223,0	1,26
132	135,3	262,2	218,9	1,28
133	146,4	266,7	222,2	1,36
134	157,4	262,2	218,1	1,37
135	168,5	266,7	222,6	1,50
136	179,6	262,2	218,5	1,51
137	190,6	266,7	200,2	1,69
138	201,7	262,2	196,6	1,71
139	212,7	266,7	224,3	1,67
140	223,8	262,2	220,2	1,67
141	234,8	266,7	201,7	1,88
142	245,9	262,2	197,6	2,65
143	35,8	275,9	209,2	1,64
144	69,0	271,3	190,8	1,97
145	80,0	275,9	195,4	1,84
146	91,1	271,3	217,2	1,23
147	102,2	275,9	224,1	1,22
148	113,2	271,3	200,8	1,43
149	124,3	275,9	230,4	1,27
150	135,3	271,3	226,3	1,34
151	146,4	275,9	205,8	1,57
152	157,4	271,3	226,7	1,38
153	168,5	275,9	231,7	1,51
154	179,6	271,3	227,6	1,52
155	190,6	275,9	209,2	1,71
156	201,7	271,3	205,6	1,73
157	212,7	275,9	232,8	1,68
158	223,8	271,3	228,5	1,69
159	234,8	275,9	231,7	1,73
160	245,9	271,3	203,4	2,69
161	24,8	280,4	212,1	1,66
162	46,9	280,4	214,3	1,54
163	69,0	280,4	196,1	4,61
164	80,0	285,0	224,4	1,25
165	91,1	280,4	224,0	1,23
166	102,2	285,0	230,8	1,22
167	113,2	280,4	231,2	1,25
168	124,3	285,0	239,1	1,28

169	135,3	280,4	209,5	1,50
170	146,4	285,0	214,8	1,58
171	157,4	280,4	235,8	1,39
172	168,5	285,0	240,8	1,51
173	179,6	280,4	236,7	1,53
174	190,6	285,0	217,9	1,72
175	201,7	280,4	213,8	1,75
176	212,7	285,0	215,5	1,87
177	223,8	280,4	211,5	1,89
178	234,8	285,0	213,2	2,58
179	245,9	280,4	234,8	1,77
180	24,8	289,6	219,5	1,76
181	57,9	294,2	226,9	1,51
182	69,0	289,6	225,4	1,34
183	80,0	294,2	231,4	1,28
184	91,1	289,6	205,4	1,74
185	102,2	294,2	238,8	1,23
186	113,2	289,6	213,1	1,48
187	124,3	294,2	248,0	1,29
188	135,3	289,6	218,5	1,51
189	146,4	294,2	223,8	1,59
190	157,4	289,6	244,9	1,40
191	168,5	294,2	249,9	1,53
192	179,6	289,6	245,7	1,54
193	190,6	294,2	248,9	1,63
194	201,7	289,6	244,6	1,70
195	212,7	294,2	247,7	1,72
196	223,8	289,6	243,4	1,73
197	234,8	294,2	246,8	1,78
198	245,9	289,6	216,0	2,78
199	24,8	298,7	226,8	2,14
200	46,9	298,7	228,8	1,69
201	91,1	298,7	239,0	1,22
202	113,2	298,7	247,4	1,27
203	135,3	298,7	227,5	1,52
204	157,4	298,7	254,0	1,42
205	179,6	298,7	253,2	1,55
206	201,7	298,7	225,4	1,87
207	223,8	298,7	250,9	1,75
208	245,9	298,7	251,8	1,81



VERIFICA SEZ 1 (A-A') POST OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	24,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	207,26 m
Ascissa vertice destro superiore xs	245,9 m
Ordinata vertice destro superiore ys	298,75 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.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0245
Coefficiente azione sismica verticale	0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	50,0
2	20,0	55,0
3	28,0	60,0
4	42,0	65,0
5	55,0	70,0
6	68,0	75,0
7	75,0	80,0
8	94,0	85,0

9	112,0	90,0
10	132,0	95,0
11	147,0	100,0
12	165,0	105,0
13	175,0	110,0
14	192,0	115,0
15	202,0	120,0
16	209,0	122,0
17	211,0	124,0
18	218,0	125,0
19	450,0	125,0
20	510,0	120,0
21	518,0	115,0
22	530,0	110,0
23	538,0	105,0
24	550,0	100,0
25	562,0	95,0
26	580,0	90,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	44,06
2	27,01	54,02
3	51,09	63,89
4	70,22	71,3
5	85,04	77,47
6	110,97	84,27
7	146,78	95,99
8	169,62	102,17
9	189,99	110,81
10	205,42	116,37
11	208,33	117,0
12	509,57	117,0
13	520,05	114,15
14	530,0	110,0
15	538,0	105,0
16	550,0	100,0
17	562,0	95,0
18	580,0	90,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.1		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		22	2000	2005	0,00	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	230	125	450	125	0,05

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,16
Ascissa centro superficie	113,22 m
Ordinata centro superficie	253,0 m

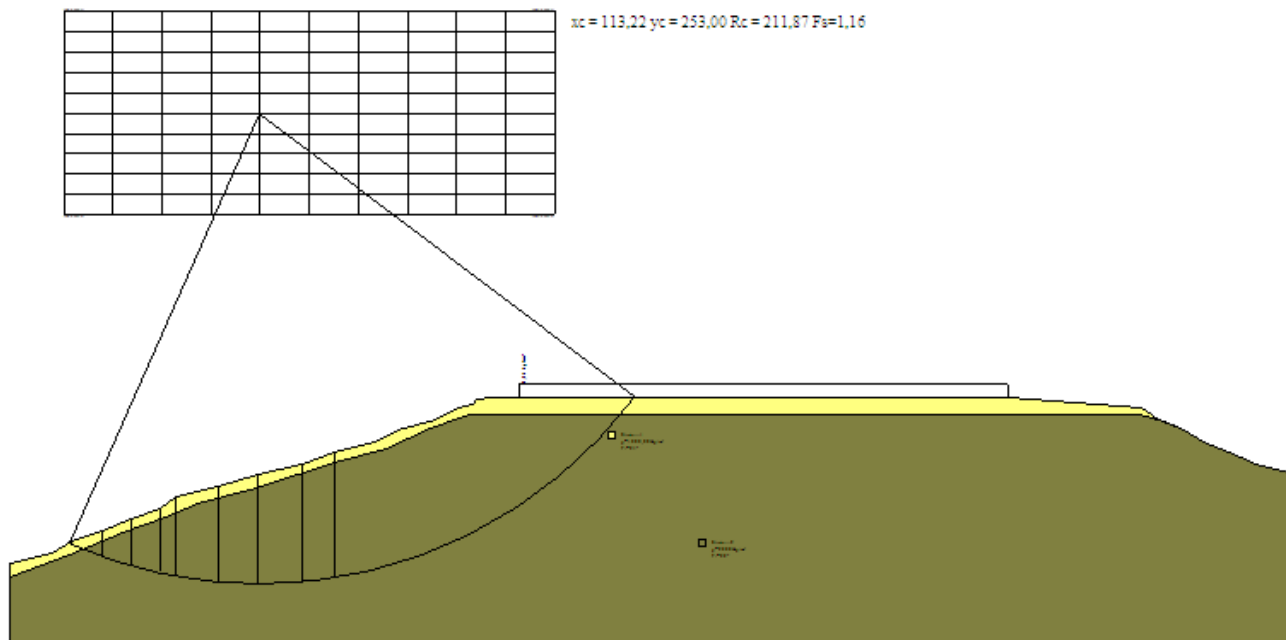
Raggio superficie

211,87 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 113,217 yc = 253,003 Rc = 211,872 Fs=1,1563

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,91	-23,9	1,0	804,19	19,94	9,97	0,1	24,0	0,0	1451,5	1294,1
2	14,0	-21,7	15,07	164695,3	4084,44	2042,22	0,28	22,0	0,0	217933,2	102388,4
3	13,0	-17,8	13,65	410181,1	10172,49	5086,25	0,28	22,0	0,0	490440,9	185838,4
4	13,0	-14,1	13,41	637066,7	15799,25	7899,63	0,28	22,0	0,0	722161,4	258897,5
5	7,0	-11,4	7,14	443166,6	10990,53	5495,27	0,28	22,0	0,0	486194,6	170151,5
6	19,0	-7,8	19,18	1477777,0	36648,86	18324,43	0,28	22,0	0,0	1565448,0	539463,3
7	18,0	-2,8	18,02	1641257,0	40703,18	20351,59	0,28	22,0	0,0	1670735,0	570360,9
8	20,0	2,4	20,02	2028998,0	50319,15	25159,57	0,28	22,0	0,0	2002498,0	680136,3
9	15,0	7,1	15,12	1630315,0	40431,82	20215,91	0,28	22,0	0,0	1576227,0	533948,7
10	135,05	31,0	157,56	15376490,0	381337,01	190668,5	0,28	22,0	0,0	14888910,0	5076146,0



VERIFICA SEZ 2 (B-B') ANTE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	10,69 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	279,07 m
Ascissa vertice destro superiore xs	254,93 m
Ordinata vertice destro superiore ys	474,96 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.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe IV
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0245
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	87,0
2	35,0	90,0
3	55,0	95,0
4	67,0	100,0
5	88,0	105,0
6	105,0	110,0
7	135,0	115,0
8	150,0	120,0
9	175,0	125,0
10	198,0	130,0
11	200,0	132,0
12	222,0	134,0
13	232,0	135,0
14	845,0	135,0
15	847,0	134,0
16	849,0	132,0
17	860,0	130,0
18	1000,0	110,0
19	1100,0	80,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	79,29
2	38,49	84,6
3	70,46	93,2
4	122,1	105,5
5	171,29	117,8

6	205,71	123,94
7	228,71	127,57
8	845,69	127,57
9	916,31	117,32
10	980,31	108,45
11	1100,0	75,63

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.01		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		22	2000	2005	0,00	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

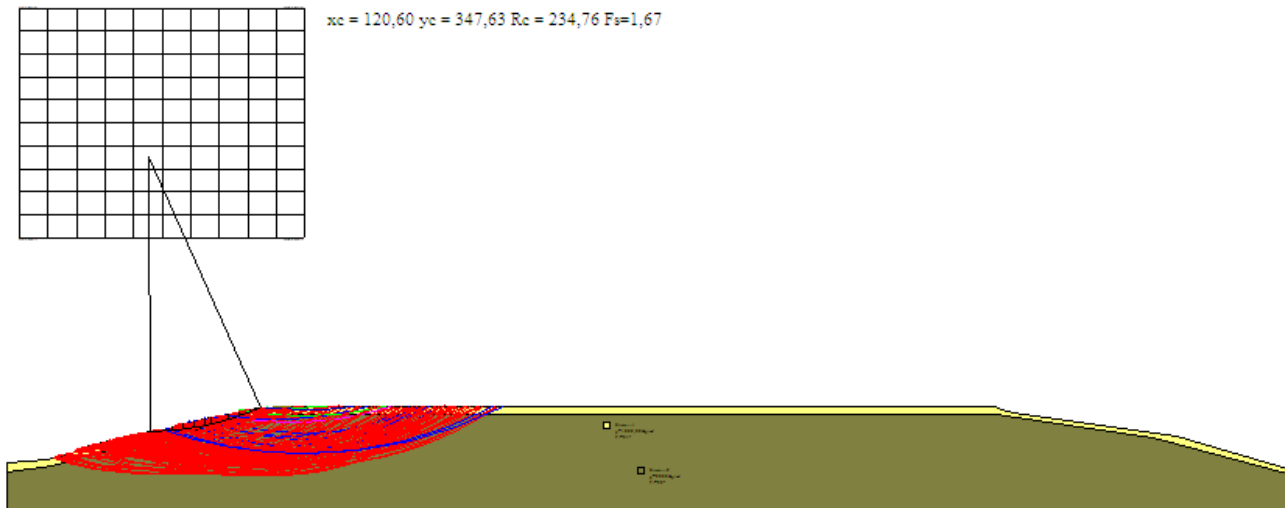
Fs minimo individuato	1,67
Ascissa centro superficie	120,6 m
Ordinata centro superficie	347,63 m
Raggio superficie	234,76 m

Numero di superfici esaminate....(149)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	96,2	288,9	182,8	1,71
2	108,4	279,1	199,7	1,77
3	120,6	288,9	211,1	1,78
4	132,8	279,1	201,5	1,80
5	145,0	288,9	170,8	1,73
6	157,2	279,1	202,0	2,07
7	169,4	288,9	192,0	2,51
8	181,7	279,1	182,7	2,60
9	193,9	288,9	212,4	2,25
10	206,1	279,1	202,8	2,84
11	218,3	288,9	212,8	2,96
12	230,5	279,1	203,3	3,69
13	242,7	288,9	194,7	5,04
14	254,9	279,1	185,3	6,11
15	47,3	308,5	206,8	3,04
16	59,5	298,7	200,2	1,67
17	84,0	298,7	207,6	1,81
18	96,2	308,5	200,9	1,72
19	108,4	298,7	196,5	2,00
20	120,6	308,5	230,6	1,79
21	132,8	298,7	221,1	1,82
22	145,0	308,5	190,3	1,79
23	157,2	298,7	181,2	2,17
24	169,4	308,5	210,9	2,60
25	181,7	298,7	202,2	2,65
26	193,9	308,5	230,5	2,28
27	206,1	298,7	222,2	2,85
28	218,3	308,5	208,1	4,04
29	230,5	298,7	221,5	3,70
30	242,7	308,5	206,7	5,43
31	254,9	298,7	200,0	6,19
32	47,3	328,0	226,0	2,15
33	59,5	318,2	219,1	1,67
34	84,0	318,2	226,1	1,84
35	96,2	328,0	217,8	1,70
36	108,4	318,2	234,9	1,80
37	120,6	328,0	247,0	1,83
38	132,8	318,2	240,1	1,84

39	145,0	328,0	247,6	2,08
40	157,2	318,2	195,7	1,88
41	169,4	328,0	222,8	2,58
42	181,7	318,2	193,6	2,43
43	193,9	328,0	246,2	2,79
44	206,1	318,2	238,0	2,91
45	218,3	328,0	245,5	3,54
46	230,5	318,2	237,3	3,75
47	242,7	328,0	218,6	5,93
48	254,9	318,2	211,9	6,80
49	59,5	337,8	237,2	1,68
50	71,7	347,6	247,2	1,74
51	84,0	337,8	242,6	1,88
52	96,2	347,6	253,2	1,91
53	108,4	337,8	226,2	1,69
54	120,6	347,6	234,8	1,67
55	132,8	337,8	230,9	2,11
56	145,0	347,6	263,4	2,13
57	157,2	337,8	255,1	2,14
58	169,4	347,6	262,7	2,32
59	181,7	337,8	228,1	2,97
60	193,9	347,6	262,0	2,85
61	206,1	337,8	253,7	2,97
62	218,3	347,6	261,9	3,59
63	230,5	337,8	253,0	3,79
64	242,7	347,6	262,6	4,12
65	254,9	337,8	225,5	7,50
66	59,5	357,4	252,5	2,21
67	71,7	367,2	262,4	1,72
68	84,0	357,4	257,5	1,91
69	96,2	367,2	268,0	2,00
70	108,4	357,4	264,1	1,95
71	120,6	367,2	275,2	2,05
72	132,8	357,4	242,8	1,84
73	145,0	367,2	248,3	1,93
74	157,2	357,4	270,9	2,28
75	169,4	367,2	280,0	2,37
76	181,7	357,4	270,6	2,40
77	193,9	367,2	280,7	2,89
78	206,1	357,4	271,3	3,02
79	218,3	367,2	281,4	3,16
80	230,5	357,4	272,0	3,81
81	242,7	367,2	282,1	4,11
82	254,9	357,4	272,7	4,47
83	84,0	377,0	272,5	1,70
84	108,4	377,0	278,7	2,00
85	120,6	386,8	292,1	2,10
86	132,8	377,0	256,5	1,80
87	145,0	386,8	267,7	1,97
88	157,2	377,0	289,4	2,31
89	169,4	386,8	299,5	2,39
90	181,7	377,0	290,1	2,43
91	193,9	386,8	300,2	2,91
92	206,1	377,0	290,8	3,04
93	218,3	386,8	300,9	3,19
94	230,5	377,0	291,5	3,83
95	242,7	386,8	301,2	4,13
96	254,9	377,0	292,2	4,46
97	84,0	396,6	289,8	1,72
98	96,2	406,4	302,6	1,97
99	108,4	396,6	297,1	2,04
100	120,6	406,4	310,4	2,18
101	132,8	396,6	274,6	1,93
102	145,0	406,4	287,2	2,03
103	157,2	396,6	278,2	2,67
104	169,4	406,4	288,6	3,02
105	181,7	396,6	279,6	3,27
106	193,9	406,4	319,3	2,94
107	206,1	396,6	310,3	3,06
108	218,3	406,4	318,2	3,25
109	230,5	396,6	309,7	3,86
110	242,7	406,4	284,8	7,73
111	254,9	396,6	308,6	4,55
112	84,0	416,2	308,8	1,67
113	108,4	416,2	315,6	2,05

114	132,8	416,2	292,8	2,03
115	145,0	426,0	305,5	2,07
116	157,2	416,2	297,6	2,83
117	169,4	426,0	336,3	2,47
118	181,7	416,2	327,8	2,49
119	193,9	426,0	301,4	3,71
120	206,1	416,2	326,7	3,13
121	218,3	426,0	334,1	3,68
122	230,5	416,2	292,0	6,56
123	242,7	426,0	333,0	4,32
124	254,9	416,2	289,8	11,95
125	96,2	445,6	339,8	2,07
126	108,4	435,8	334,3	2,09
127	157,2	435,8	310,7	2,28
128	169,4	445,6	315,7	3,69
129	181,7	435,8	343,7	2,86
130	193,9	445,6	351,1	3,07
131	206,1	435,8	306,4	4,51
132	218,3	445,6	350,0	3,77
133	230,5	435,8	341,5	4,03
134	242,7	445,6	350,6	4,39
135	254,9	435,8	341,4	5,26
136	132,8	455,4	355,6	2,37
137	145,0	465,2	366,3	2,47
138	169,4	465,2	368,0	2,82
139	193,9	465,2	367,8	3,14
140	206,1	455,4	358,6	3,55
141	218,3	465,2	368,9	3,81
142	230,5	455,4	359,7	4,08
143	242,7	465,2	331,7	12,39
144	254,9	455,4	323,2	13,59
145	108,4	475,0	365,1	2,26
146	157,2	475,0	376,5	2,57
147	181,7	475,0	376,9	3,01
148	230,5	475,0	340,2	18,43
149	254,9	475,0	380,2	4,75



VERIFICA SEZ 2 (B-B') POST OPERAM**Analisi di stabilità dei pendii con FELLENIUS**

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	10,69 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	279,07 m
Ascissa vertice destro superiore xs	254,93 m
Ordinata vertice destro superiore ys	474,96 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.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0245
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	87,0
2	35,0	90,0
3	55,0	95,0
4	67,0	100,0
5	88,0	105,0
6	105,0	110,0

7	135,0	115,0
8	150,0	120,0
9	175,0	125,0
10	198,0	130,0
11	200,0	132,0
12	222,0	134,0
13	232,0	135,0
14	845,0	135,0
15	847,0	134,0
16	849,0	132,0
17	860,0	130,0
18	1000,0	110,0
19	1100,0	80,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	79,29
2	38,49	84,6
3	70,46	93,2
4	122,1	105,5
5	171,29	117,8
6	205,71	123,94
7	228,71	127,57
8	845,69	127,57
9	916,31	117,32
10	980,31	108,45
11	1100,0	75,63

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.01		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		22	2000	2005	0,00	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	238	134	818	134	0,01

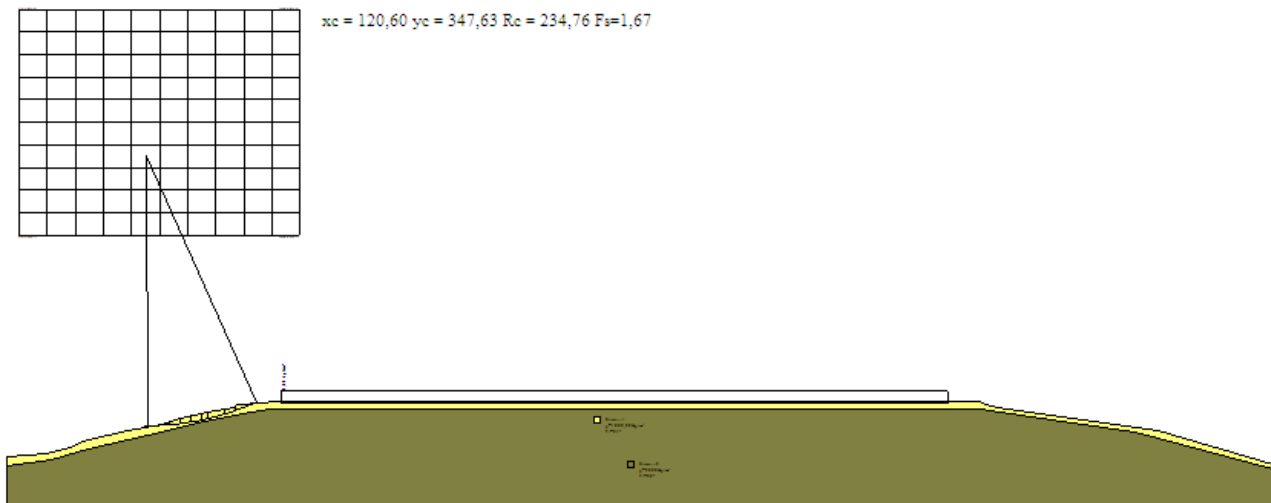
Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,67
Ascissa centro superficie	120,6 m
Ordinata centro superficie	347,63 m
Raggio superficie	234,76 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 120,597 yc = 347,632 Rc = 234,761 Fs=1,6653

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	12,74	2,0	12,75	21327,67	528,93	264,46	0,01	24,0	0,0	21561,4	1258,7
2	6,19	4,3	6,21	27943,39	693,0	346,5	0,01	24,0	0,0	28159,5	2774,1
3	8,81	6,1	8,86	68602,38	1701,34	850,67	0,01	24,0	0,0	68876,8	8998,0

4	10,12	8,4	10,23	101971,2	2528,89	1264,44	0,01	24,0	0,0	101745,3	17474,7
5	9,47	10,9	9,64	100357,4	2488,86	1244,43	0,01	24,0	0,0	99310,1	121367,0
6	5,41	12,7	5,55	56775,45	1408,03	704,02	0,01	24,0	0,0	55758,3	13876,5
7	13,52	15,1	14,0	133589,6	3313,02	1656,51	0,01	24,0	0,0	129708,0	38017,3
8	9,48	18,0	9,97	78032,13	1935,2	967,6	0,01	24,0	0,0	74519,6	25997,3
9	9,45	20,5	10,08	77239,43	1915,54	957,77	0,01	24,0	0,0	72583,7	28821,1
10	9,46	23,0	10,28	27880,61	691,44	345,72	0,01	24,0	0,0	25719,1	11515,6



VERIFICA SEZ 3 (A-A') ANTE OPERAM

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	198,75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	135,15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	274,07 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.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
----------------------	---------------------	---------------------------	-----------	--------------

	[anni]			
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0245
 Coefficiente azione sismica verticale 0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	83,0
2	10,0	85,0
3	22,0	90,0
4	34,0	95,0
5	52,0	100,0
6	98,0	120,0
7	141,0	125,0
8	200,0	130,0
9	420,0	130,0
10	480,0	125,0
11	530,0	120,0
12	555,0	115,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	79,85
2	34,14	93,26
3	51,87	98,01
4	74,79	107,96
5	98,63	118,0
6	124,94	121,36
7	194,27	125,85
8	426,73	125,85
9	555,0	111,2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25
 Coesione efficace 1,25
 Coesione non drenata 1,4
 Riduzione parametri geotecnici terreno No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.05		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		24	2000	2005	0,00	

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato 1,44
 Ascissa centro superficie 42,16 m
 Ordinata centro superficie 236,41 m

Raggio superficie

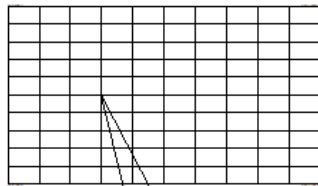
130,98 m

Numero di superfici esaminate....(181)

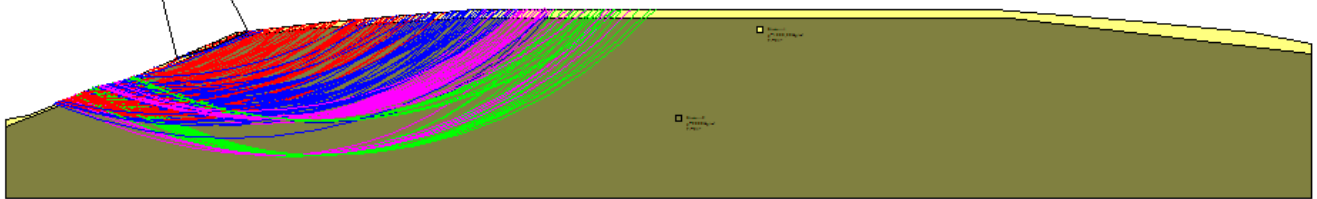
N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	15,6	198,7	107,5	2,47
2	22,2	202,5	111,3	1,77
3	28,9	198,7	109,5	1,57
4	35,5	202,5	113,8	1,53
5	42,2	198,7	102,2	1,62
6	48,8	202,5	106,0	1,58
7	55,4	198,7	105,8	1,64
8	62,1	202,5	109,9	1,73
9	68,7	198,7	86,1	1,75
10	75,4	202,5	114,7	1,94
11	82,0	198,7	102,5	2,06
12	88,7	202,5	120,2	2,22
13	95,3	198,7	118,2	2,36
14	101,9	202,5	120,2	2,52
15	108,6	198,7	117,7	2,73
16	115,2	202,5	134,6	2,88
17	121,9	198,7	131,5	3,14
18	128,5	202,5	134,8	3,38
19	135,1	198,7	116,6	3,76
20	15,6	206,3	113,5	1,65
21	28,9	206,3	115,3	1,62
22	35,5	210,0	119,6	1,55
23	42,2	206,3	118,4	1,56
24	48,8	210,0	123,1	1,62
25	55,4	206,3	109,8	1,63
26	62,1	210,0	113,8	1,72
27	68,7	206,3	114,1	1,83
28	75,4	210,0	118,4	1,94
29	82,0	206,3	119,1	2,06
30	88,7	210,0	124,3	2,21
31	95,3	206,3	122,8	2,35
32	101,9	210,0	126,5	2,53
33	108,6	206,3	123,0	2,72
34	115,2	210,0	127,0	2,96
35	121,9	206,3	138,4	3,10
36	128,5	210,0	142,3	3,32
37	135,1	206,3	124,1	3,70
38	42,2	213,8	124,1	1,58
39	48,8	217,6	129,0	1,63
40	55,4	213,8	128,0	1,70
41	62,1	217,6	119,4	1,79
42	68,7	213,8	118,5	1,83
43	75,4	217,6	124,7	1,96
44	82,0	213,8	124,3	2,08
45	88,7	217,6	130,8	2,21
46	95,3	213,8	130,0	2,34
47	101,9	217,6	134,0	2,52
48	108,6	213,8	130,5	2,70
49	115,2	217,6	134,5	2,93
50	121,9	213,8	131,0	3,08
51	128,5	217,6	149,8	3,27
52	135,1	213,8	146,2	3,61
53	35,5	225,1	132,4	1,59
54	42,2	221,3	116,4	1,56
55	48,8	225,1	136,1	1,65
56	55,4	221,3	134,8	1,71
57	62,1	225,1	140,7	1,80
58	68,7	221,3	125,4	1,86
59	75,4	225,1	131,5	1,99
60	82,0	221,3	131,0	2,09
61	88,7	225,1	137,3	2,22
62	95,3	221,3	137,2	2,35
63	101,9	225,1	141,5	2,51
64	108,6	221,3	138,0	2,69
65	115,2	225,1	142,0	2,90
66	121,9	221,3	138,5	3,07
67	128,5	225,1	157,3	3,23
68	135,1	221,3	153,7	3,55
69	28,9	228,9	134,7	1,73
70	35,5	232,6	139,8	1,61
71	42,2	228,9	123,7	1,47
72	48,8	232,6	129,1	1,92
73	55,4	228,9	127,6	1,81
74	62,1	232,6	147,7	1,82
75	68,7	228,9	132,3	1,90
76	75,4	232,6	138,3	2,00
77	82,0	228,9	137,7	2,11

78	88,7	232,6	143,9	2,24
79	95,3	228,9	143,7	2,36
80	101,9	232,6	149,0	2,51
81	108,6	228,9	145,5	2,68
82	115,2	232,6	149,5	2,87
83	121,9	228,9	146,0	3,06
84	128,5	232,6	164,9	3,23
85	135,1	228,9	161,2	3,54
86	22,2	240,2	144,7	1,84
87	28,9	236,4	142,1	1,73
88	35,5	240,2	147,1	1,63
89	42,2	236,4	131,0	1,44
90	48,8	240,2	136,4	1,96
91	55,4	236,4	148,9	1,74
92	62,1	240,2	154,7	1,84
93	68,7	236,4	153,7	1,92
94	75,4	240,2	145,2	2,03
95	82,0	236,4	144,4	2,13
96	88,7	240,2	150,6	2,25
97	95,3	236,4	150,3	2,36
98	101,9	240,2	156,5	2,51
99	108,6	236,4	153,0	2,67
100	115,2	240,2	157,0	2,86
101	121,9	236,4	168,5	3,10
102	128,5	240,2	157,6	3,29
103	135,1	236,4	168,7	3,50
104	22,2	247,7	152,1	1,87
105	42,2	243,9	138,3	1,98
106	48,8	247,7	157,7	1,71
107	55,4	243,9	156,1	1,76
108	62,1	247,7	161,8	1,86
109	68,7	243,9	160,6	1,93
110	75,4	247,7	152,1	2,06
111	82,0	243,9	151,2	2,16
112	88,7	247,7	157,4	2,27
113	95,3	243,9	156,9	2,38
114	101,9	247,7	163,2	2,52
115	108,6	243,9	160,5	2,67
116	115,2	247,7	164,5	2,87
117	121,9	243,9	176,0	3,07
118	128,5	247,7	165,1	3,27
119	135,1	243,9	176,3	3,46
120	22,2	255,2	159,6	1,74
121	28,9	251,5	156,9	1,73
122	35,5	255,2	161,8	1,67
123	42,2	251,5	145,6	2,16
124	48,8	255,2	164,9	1,73
125	55,4	251,5	149,1	1,88
126	62,1	255,2	168,9	1,87
127	68,7	251,5	153,3	2,01
128	75,4	255,2	173,6	2,06
129	82,0	251,5	158,1	2,18
130	88,7	255,2	164,2	2,29
131	95,3	251,5	163,6	2,40
132	101,9	255,2	169,9	2,53
133	108,6	251,5	168,0	2,67
134	115,2	255,2	172,0	2,87
135	121,9	251,5	183,5	3,07
136	128,5	255,2	172,6	3,25
137	135,1	251,5	169,1	3,52
138	15,6	259,0	162,6	1,94
139	22,2	262,8	167,1	1,72
140	35,5	262,8	169,2	1,68
141	42,2	259,0	167,0	1,68
142	48,8	262,8	172,2	1,75
143	55,4	259,0	156,3	1,92
144	62,1	262,8	176,0	1,89
145	68,7	259,0	160,3	2,05
146	75,4	262,8	180,5	2,07
147	82,0	259,0	165,0	2,19
148	88,7	262,8	171,0	2,31
149	95,3	259,0	170,3	2,41
150	101,9	262,8	176,5	2,54
151	108,6	259,0	175,5	2,67
152	115,2	262,8	194,7	2,86
153	121,9	259,0	176,1	3,09
154	128,5	262,8	180,1	3,41
155	135,1	259,0	191,3	3,41
156	15,6	266,5	170,1	2,17
157	22,2	270,3	174,5	1,71
158	28,9	266,5	171,8	1,75
159	42,2	266,5	160,3	2,28
160	48,8	270,3	179,5	1,77
161	55,4	266,5	177,6	1,83
162	62,1	270,3	169,0	2,01

163	68,7	266,5	181,7	1,98
164	75,4	270,3	173,2	2,16
165	82,0	266,5	172,0	2,22
166	88,7	270,3	178,0	2,34
167	95,3	266,5	177,1	2,43
168	101,9	270,3	183,3	2,55
169	108,6	266,5	182,8	2,69
170	115,2	270,3	187,1	2,88
171	121,9	266,5	198,6	3,05
172	128,5	270,3	202,4	3,24
173	135,1	266,5	184,1	3,50
174	42,2	274,1	181,6	1,73
175	55,4	274,1	184,9	1,85
176	68,7	274,1	188,8	2,00
177	82,0	274,1	193,5	2,18
178	95,3	274,1	198,8	2,44
179	108,6	274,1	189,5	2,70
180	121,9	274,1	191,1	3,07
181	135,1	274,1	191,6	3,49



$x_c = 42,16$ $y_c = 236,41$ $R_c = 130,98$ $F_s = 1,44$



VERIFICA SEZ 3 (A-A') POST OPERAM**Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP**

Lat./Long.	39,064977/17,085181
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	2,32 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	198,75 m
Ascissa vertice destro superiore xs	135,15 m
Ordinata vertice destro superiore ys	274,07 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.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	0,62	2,36	0,32
S.L.D.	101,0	0,81	2,39	0,33
S.L.V.	949,0	2,2	2,44	0,38
S.L.C.	1950,0	2,86	2,48	0,39

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.	0,93	0,2	0,019	0,0095
S.L.D.	1,215	0,2	0,0248	0,0124
S.L.V.	3,0174	0,28	0,0862	0,0431
S.L.C.	3,6208	0,28	0,1034	0,0517

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0245

Coefficiente azione sismica verticale 0,0122

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	83,0
2	10,0	85,0
3	22,0	90,0
4	34,0	95,0
5	52,0	100,0
6	98,0	120,0
7	141,0	125,0
8	200,0	130,0
9	420,0	130,0
10	480,0	125,0
11	530,0	120,0
12	555,0	115,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	79,85
2	34,14	93,26
3	51,87	98,01
4	74,79	107,96
5	98,63	118,0
6	124,94	121,36
7	194,27	125,85
8	426,73	125,85
9	555,0	111,2

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.05		24	1800,00	1900	0,00	
2	0.28		24	2000	2005	0,00	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	200	129	422	129	0,01

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

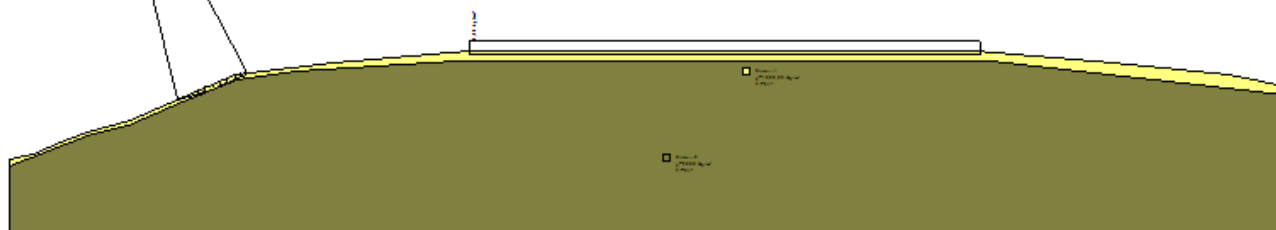
Fs minimo individuato	1,44
Ascissa centro superficie	42,16 m
Ordinata centro superficie	236,41 m
Raggio superficie	130,98 m

Analisi dei conci. Superficie...xc = 42,165 yc = 236,411 Rc = 130,976 Fs=1,4365

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,05	14,3	3,14	1559,61	38,68	19,34	0,05	24,0	0,0	1265,6	1351,1
2	3,05	15,7	3,16	4357,82	108,07	54,04	0,05	24,0	0,0	3934,6	2109,5
3	3,05	17,0	3,19	6720,91	166,68	83,34	0,05	24,0	0,0	6186,3	2751,1
4	3,05	18,4	3,21	8639,51	214,26	107,13	0,05	24,0	0,0	8015,3	3274,4
5	3,05	19,9	3,24	10103,12	250,56	125,28	0,05	24,0	0,0	9413,8	3677,1
6	3,05	21,3	3,27	11099,89	275,28	137,64	0,05	24,0	0,0	10371,1	3956,4
7	3,05	22,7	3,3	11616,5	288,09	144,04	0,05	24,0	0,0	10873,4	4108,5
8	3,75	24,3	4,11	14281,96	354,19	177,1	0,05	24,0	0,0	13381,0	5071,6
9	2,34	25,8	2,6	6935,74	172,01	86,0	0,05	24,0	0,0	6429,6	2635,6
10	3,05	27,1	3,42	3374,8	83,7	41,85	0,05	24,0	0,0	2828,8	1879,9



xc = 42,16 yc = 236,41 Rc = 130,98 Fs=1,44



Dalle verifiche effettuate in condizioni naturali del versante con azioni sismiche, il sito risulta stabile tranne qualche piccola porzione in cui si nota una diminuzione del coefficiente di sicurezza.

8 - LIQUEFAZIONE

Nell'area di interesse vista la litologia presente, sabbia con intercalazioni di livelli calcarenitici soprastanti una potente formazione argillosa pliocenica, vista l'assenza di falda idrica sotterranea è da ritenere nullo il rischio di liquefazione in caso di forte sisma.

9 - STUDIO DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE

- 1)-Avverse condizioni meteo climatiche che possono determinare persistenti precipitazioni e conseguenti fenomeni di saturazione idrica del terreno di fondazione;
- 2)-Elevata sismicità della zona;
- 3)-Modeste proprietà geotecniche del terreno più superficiale;

10 - CONCLUSIONI

Quanto esposto nelle pagine precedenti può essere così riassunto:

- Adeguate condizioni geologiche, morfologiche, idrogeologiche e strutturali del sito, in riferimento alla realizzazione di quanto previsto in progetto. Pertanto il sito risulta essere idoneo a quanto previsto in progetto.
- Relativamente alla litologia dell'area, pur rinviando all'apposito paragrafo per un'analisi più attenta, si ribadisce che l'area oggetto di studio è caratterizzata dalla presenza di terreni composti da limo sabbiosi, con intercalazioni di livelli calcarenitici, soprastanti un potente deposito pliocenico limo-argilloso.
- La porzione superficiale di tali sedimenti appare scarsamente costipata (poco addensati e poco consistenti) per via dell'interazione con i processi meteorici e a causa delle intense attività antropiche.
- Dalla consultazione degli elaborati P.A.I., risulta che il sito oggetto di studio non è interessato da vincoli derivanti da frane o processi idraulici, pertanto, si evince che il sito oggetto di studio è idoneo alla realizzazione di quanto previsto in progetto.

Si raccomanda quanto segue:

- Prevedere opportune opere di stabilizzazione dei fronti di scavo che si andranno a realizzare o esistenti nei pressi delle opere previste in progetto;
- Realizzare idonei sistemi drenanti e di smaltimento idrico superficiale, attraverso l'utilizzo di opportuni sistemi di raccolta e di smaltimento, al fine di proteggere le strutture previste in

progetto dall'acqua di falda, che si instaura durante i persistenti periodi piovosi e dall'acqua di scorrimento superficiale.

- Adottare un'adeguata scelta del sistema fondale compatibilmente alle condizioni litostratigrafiche, geomorfologiche e geotecniche del sito.

Tenendo presente che il Comune di Crotona ricade in **zona sismica ad elevato rischio**, e che l'area di interesse, in base alle indagini geognostiche eseguite in sito e secondo quanto stabiliscono le N.T.C.2018, è classificato in **Categoria di sottosuolo C**, si raccomanda che in fase di esecuzione dei lavori venga rispettata la normativa antisismica vigente.

Le indagini e gli studi fin qui condotte nell'area di progetto, hanno consentito di fare una caratterizzazione della zona di interesse in termini di vulnerabilità geologica e geomorfologica.

Si può, pertanto, affermare che, sulla base delle risultanze ottenute dal presente studio, il sito, e per un'area sufficientemente ampia, risulta stabile dal punto di vista geologico e privo di processi morfodinamici in atto o quiescenti tali da influire con le strutture previste in progetto.

L'intervento previsto in progetto non altera l'equilibrio dell'area o delle zone di possibile influenza ad essa correlate.

Ci si riserva, comunque, di verificare i dati di progetto in fase di esecuzione dei lavori ed adattare l'opera alle eventuali diverse situazioni riscontrate.

Crotona, li Settembre 2021

il geologo

Dott. Carlo LAPPANO

Ordine regionale dei Geologi della Calabria – n°483



11 - CONFORMITA' AL P.A.I

Allo scopo di verificare se il sito interessato dal progetto di che trattasi sia stato inserito in qualcuna delle tipologie di rischio previste dal P.A.I. – PGRA per lo stralcio relativo al territorio del Comune di Crotona (CZ), elaborato dal competente Ente per la gestione del PAI Calabria (Autorità di Bacino), si è proceduto ad esaminare i relativi elaborati (PAI) approvato con Delibera di Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001, "DL 180/98 e successive modificazioni, con particolare riferimento al **PAI 2016- PGRA.**

Tali cartografia fanno, quindi riferimento al PAI Calabria 2016.

Da un accurato esame degli elaborati si è potuto constatare che l'area di progetto non risulta inserita in zone classificate come aree con pericolo frane o in zone classificate a rischio frana. La stessa area è invece inserita, per una piccola porzione, in zone censite come aree di attenzione (PAI 2016), per le quali viene definita una vulnerabilità alta nell'ambito del PGRA – Pericolosità di alluvione –II ciclo 2016-2021, ma nello specifico, tutti gli elementi strutturali previsti in progetto per l'impianto fotovoltaico, non ricadono in tali zone, pertanto non si ha alcuna limitazione per ciò che riguarda tale vincolo. La stessa area non è interessata da alcuna limitazione per quanto riguarda il rischio idraulico connesso.

Si può, pertanto concludere che, viste le carte del PAI 2016-2021 e del PGRA, non si hanno limitazioni per ciò che riguarda il rischio idraulico e frane.

Crotona, li Settembre 2021

il geologo

Dott. Carlo LAPPANO

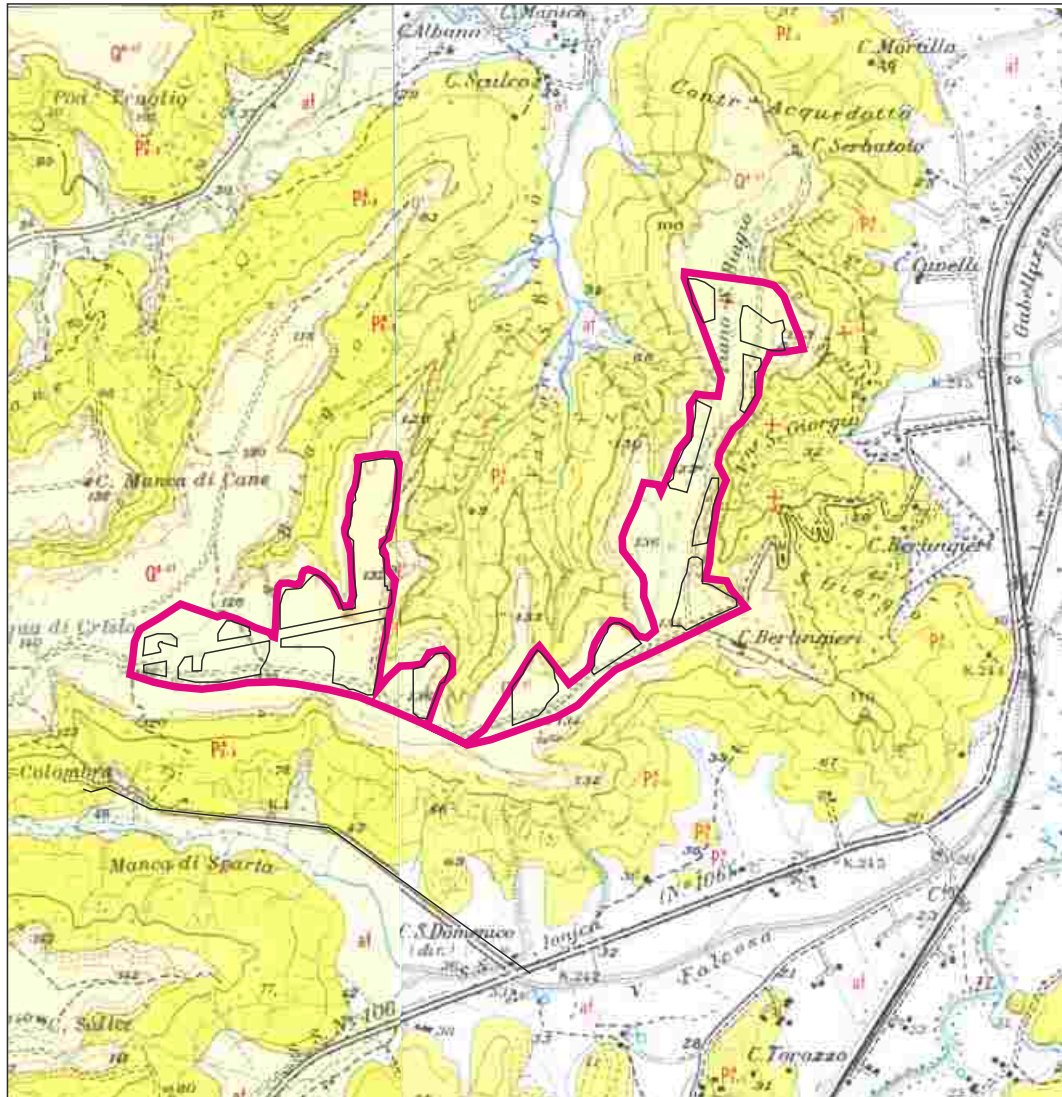
Ordine regionale dei Geologi della Calabria – n°483




CARTA GEOLOGICA DELLA CALABRIA

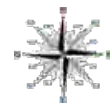
(Legge speciale per la Calabria del 26-11-1955 n° 1172)

FOGLIO 238 III S.E. - 238 III S.O.



Scala 1:25.000

- 
- Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente.
- Pleistocene**
- Q⁴**
- Sabbie e conglomerati da bruno-rossastri, localmente si possono trovare corpi lenticolari di calcare ad alghe macroscopiche e calcare bioclastico. Intercalazioni arenacee e ghiaiose a cemento calcareo sono piuttosto comuni: alcune di queste sono costituite da calcareniti arenacee ricche di macrofossili. Localmente a stratificazione incrociata. Occasionali intercalazioni di argille marnose. Nei depositi superiori (terrazzo di Cutro) si è ritrovata una macrofauna abbondante fra cui: *Astrea (Bolma) rugosa* LINNE, *Buccinum (Euthria) corneum* LINNE, *Spondylus goederopus* LINNE, *Nucula nucleus* LINNE. La resistenza all'erosione di questi depositi varia col grado di cementazione. Permeabilità in genere elevata.
- Pt₁**
- Argille siltose grigio-azzurre, localmente con sottili intercalazioni di sabbie e silts. Contengono una microfauna a foraminiferi variata e ben conservata, con specie planctoniche e bentoniche, fra cui: *Angulogerina angulosa* (WILLIAMSON), *Bulimina marginata* D'ORBIGNY, *Cassidulina neocarinata* THALMANN, *Uvigerina peregrina* CUSHMAN, *Valvulineria bradyana* (FORNASINI), *Virgulina complanata* CUSHMAN in associazione con ostracodi e frammenti di macrofossili. Macrofauna piuttosto banale, fra cui: *Dentalium rectum* GMELIN, *Nassarius semistriatus* BROCCHI, *Polynices fuscus* BLAINVILLE, *Sarcula dimidiata* BROCCHI. Questo complesso presenta una scarsa resistenza all'erosione e bassa permeabilità.



ORTOFOTO CON AREA IN INTERESSE



ORTOFOTO CON AREA IN INTERESSE con ubicazione indagini



Ⓟ PROVA PENETROMETRICA

— MASW

— INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

STRALCIO CTR CON UBICAZIONE PANNELLI FOTOVOLTAICI



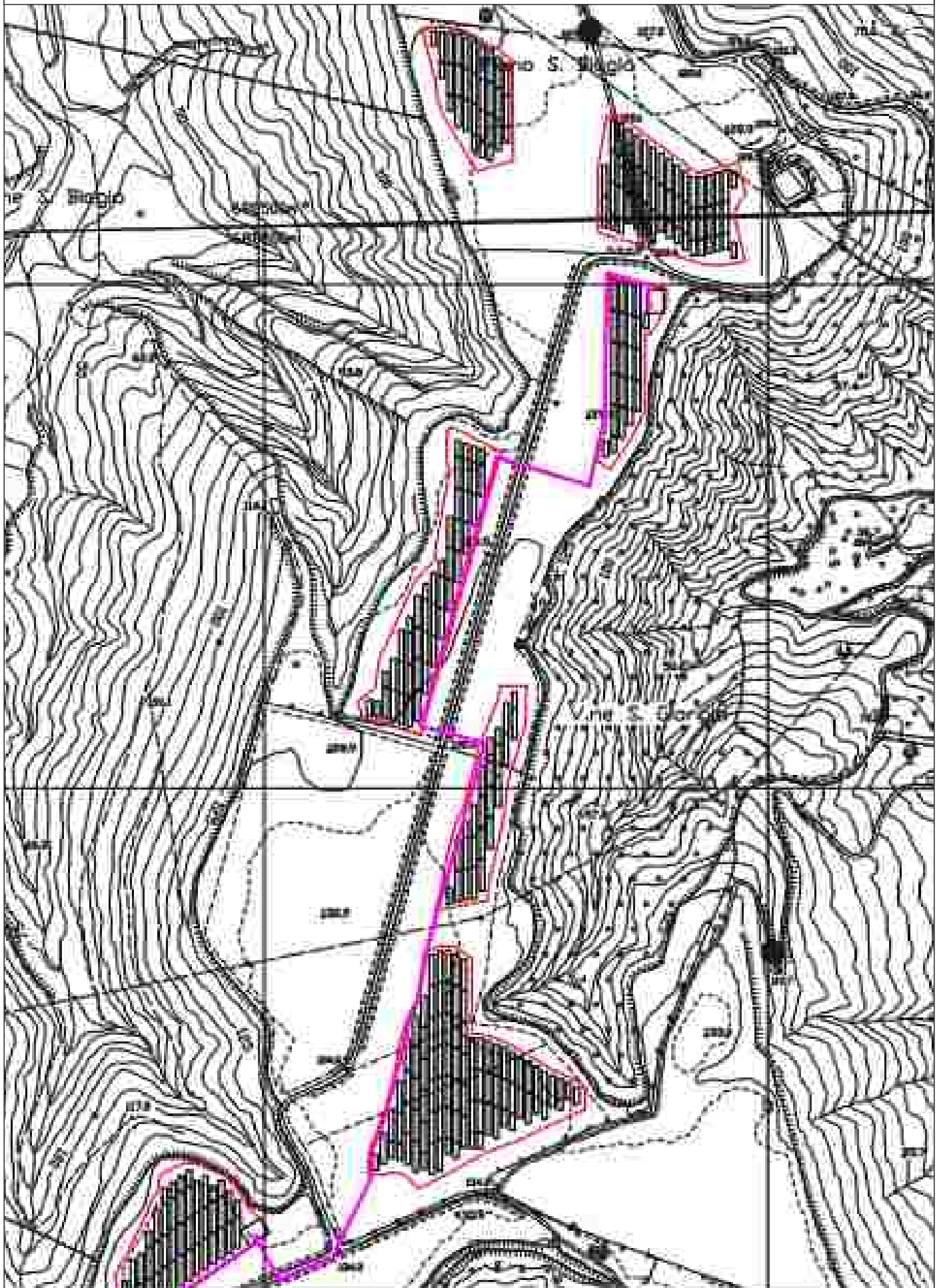
Scala 1:5.000



Ubicazione Pannelli Fotovoltaici



Cavidotto mt



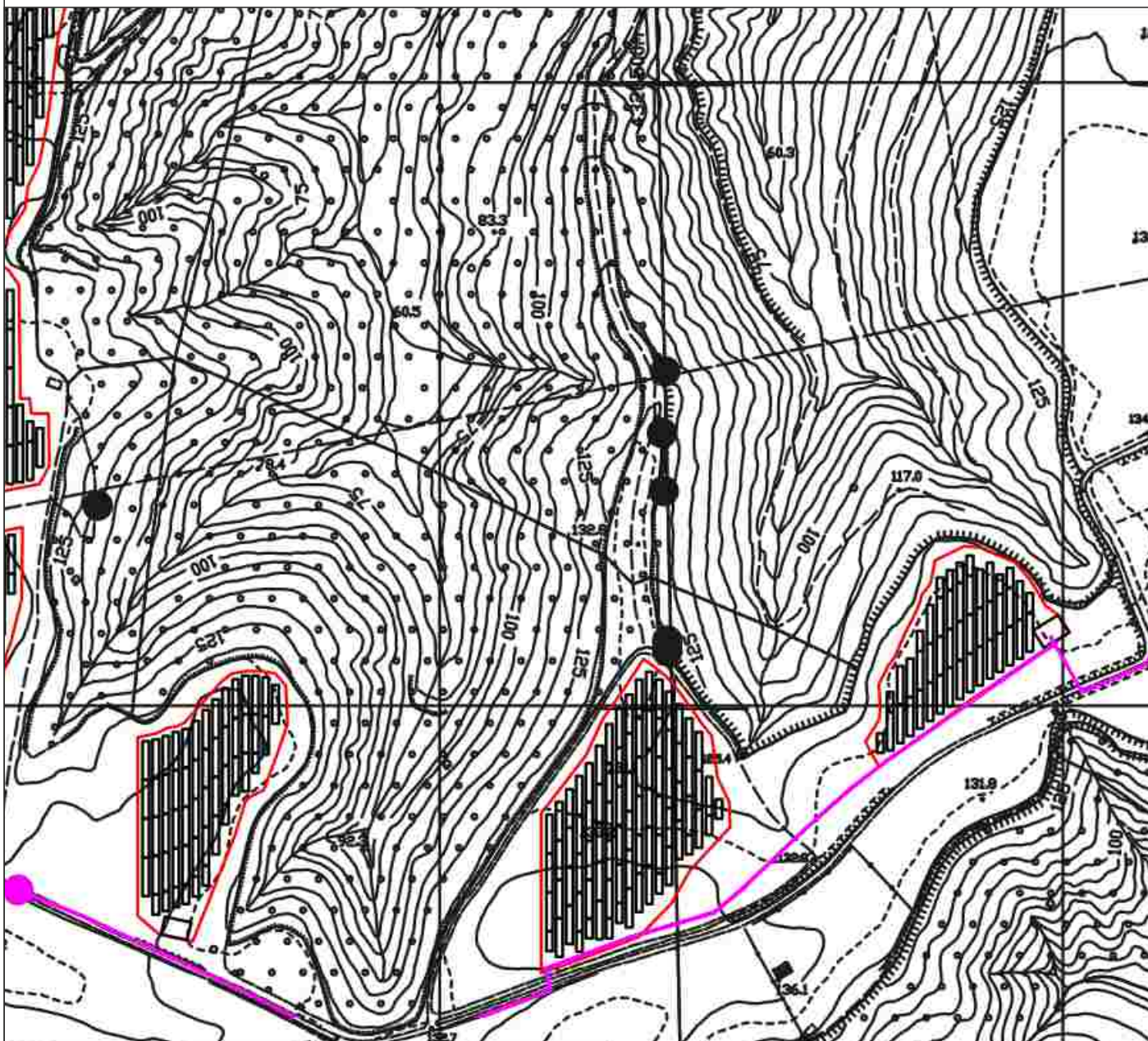
STRALCIO CTR CON UBICAZIONE PANNELLI FOTOVOLTAICI



Scala 1:5.000

 Ubicazione Pannelli Fotovoltaici

 Cavidotto mt

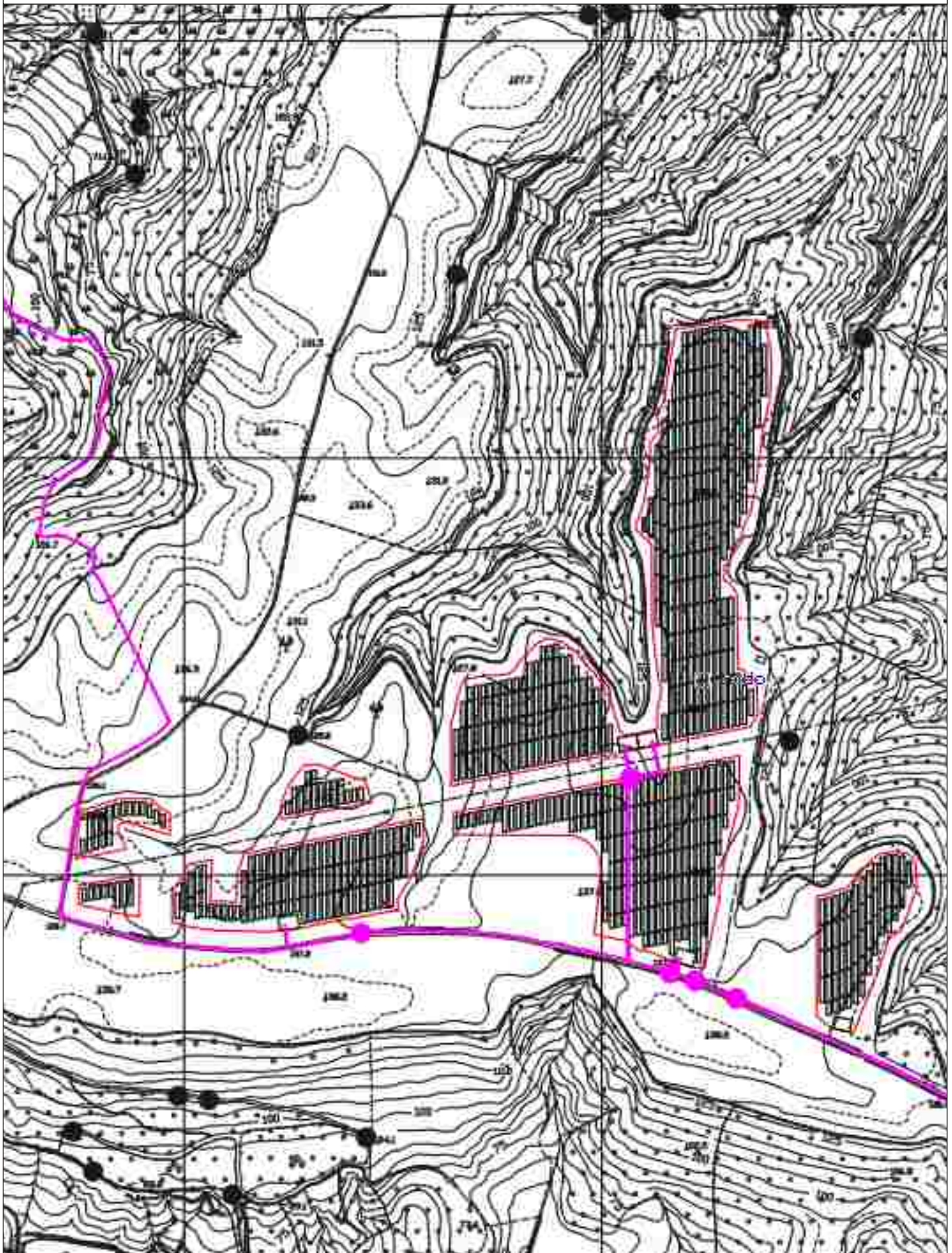


STRALCIO CTR CON UBICAZIONE PANNELLI FOTOVOLTAICI



Scala 1:5.000





Ubicazione Pannelli Fotovoltaici Cavidotto mt

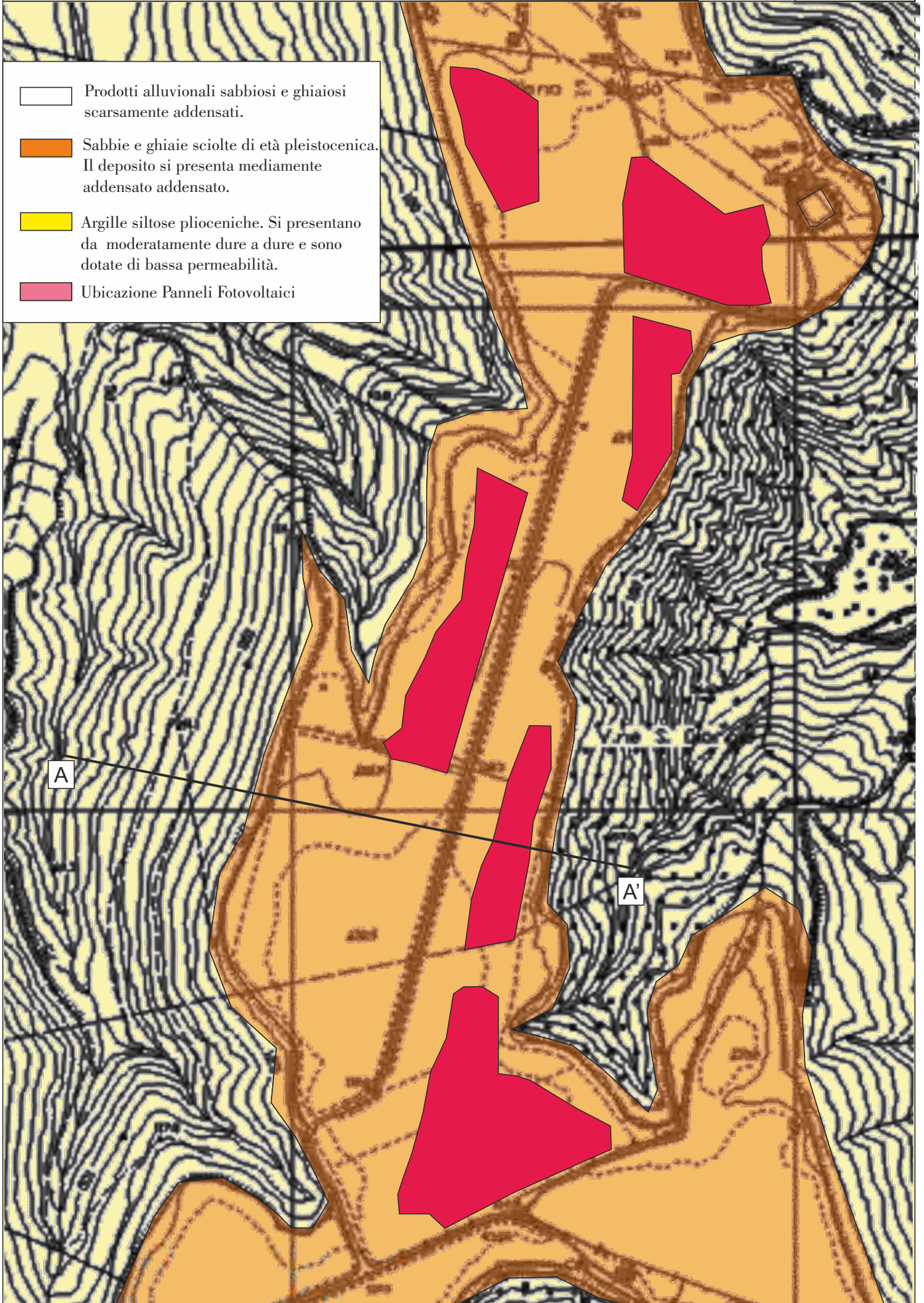


CARTA GEOLITOLOGICA



Scala 1:5000

-  Prodotti alluvionali sabbiosi e ghiaiosi scarsamente addensati.
-  Sabbie e ghiaie sciolte di età pleistocenica. Il deposito si presenta mediamente addensato addensato.
-  Argille siltose plioceniche. Si presentano da moderatamente dure a dure e sono dotate di bassa permeabilità.
-  Ubicazione Pannelli Fotovoltaici

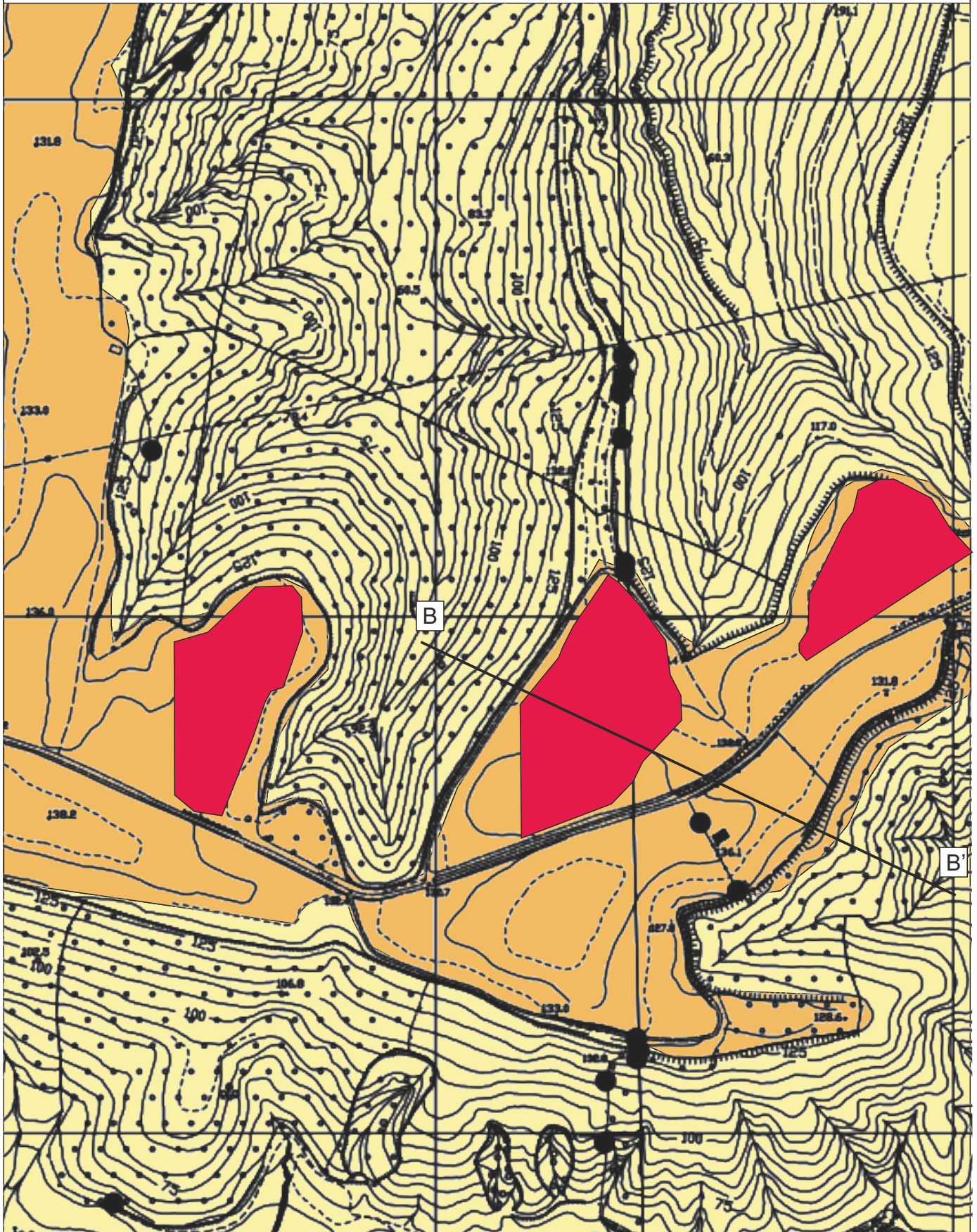


CARTA GEOLITOLOGICA



Scala 1:5000

- Prodotti alluvionali sabbiosi e ghiaiosi scarsamente addensati.
- Sabbie e ghiaie sciolte di età pleistocenica. Il deposito si presenta mediamente addensato.
- Argille siltose plioceniche. Si presentano da moderatamente dure a dure e sono dotate di bassa permeabilità.
- Ubicazione Pannelli Fotovoltaici







CARTA GEOLITOLOGICA






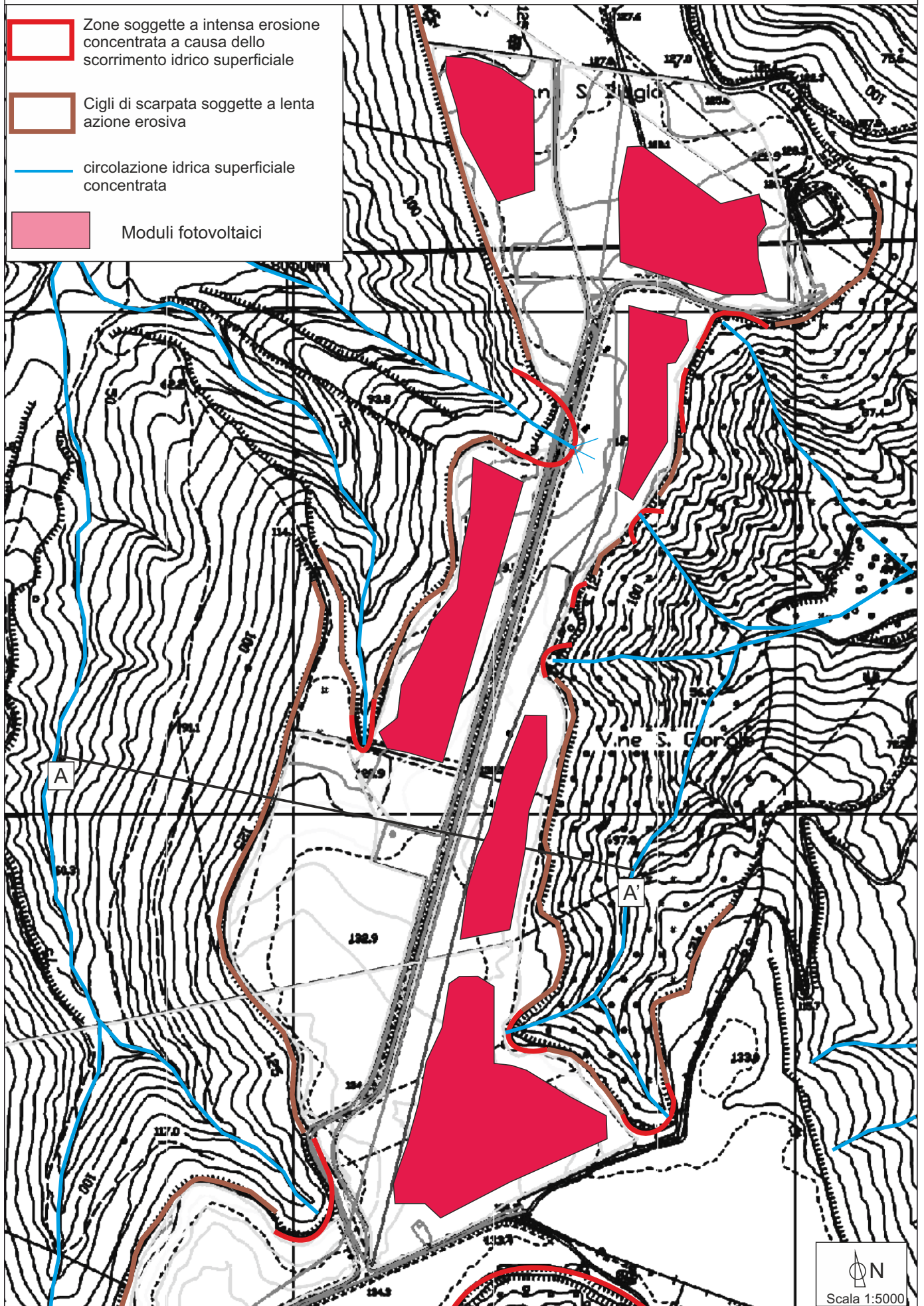
Scala 1:5000



-  Prodotti alluvionali sabbiosi e ghiaiosi scarsamente addensati.
-  Sabbie e ghiaie sciolte di età pleistocenica. Il deposito si presenta mediamente addensato addensato.
-  Argille siltose plioceniche. Si presentano da moderatamente dure a dure e sono dotate di bassa permeabilità.
-  Ubicazione Pannelli Fotovoltaici

CARTA GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

-  Zone soggette a intensa erosione concentrata a causa dello scorrimento idrico superficiale
-  Cigli di scarpata soggette a lenta azione erosiva
-  circolazione idrica superficiale concentrata
-  Moduli fotovoltaici



CARTA GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA



Zone soggette a intensa erosione concentrata a causa dello scorrimento idrico superficiale



Moduli fotovoltaici



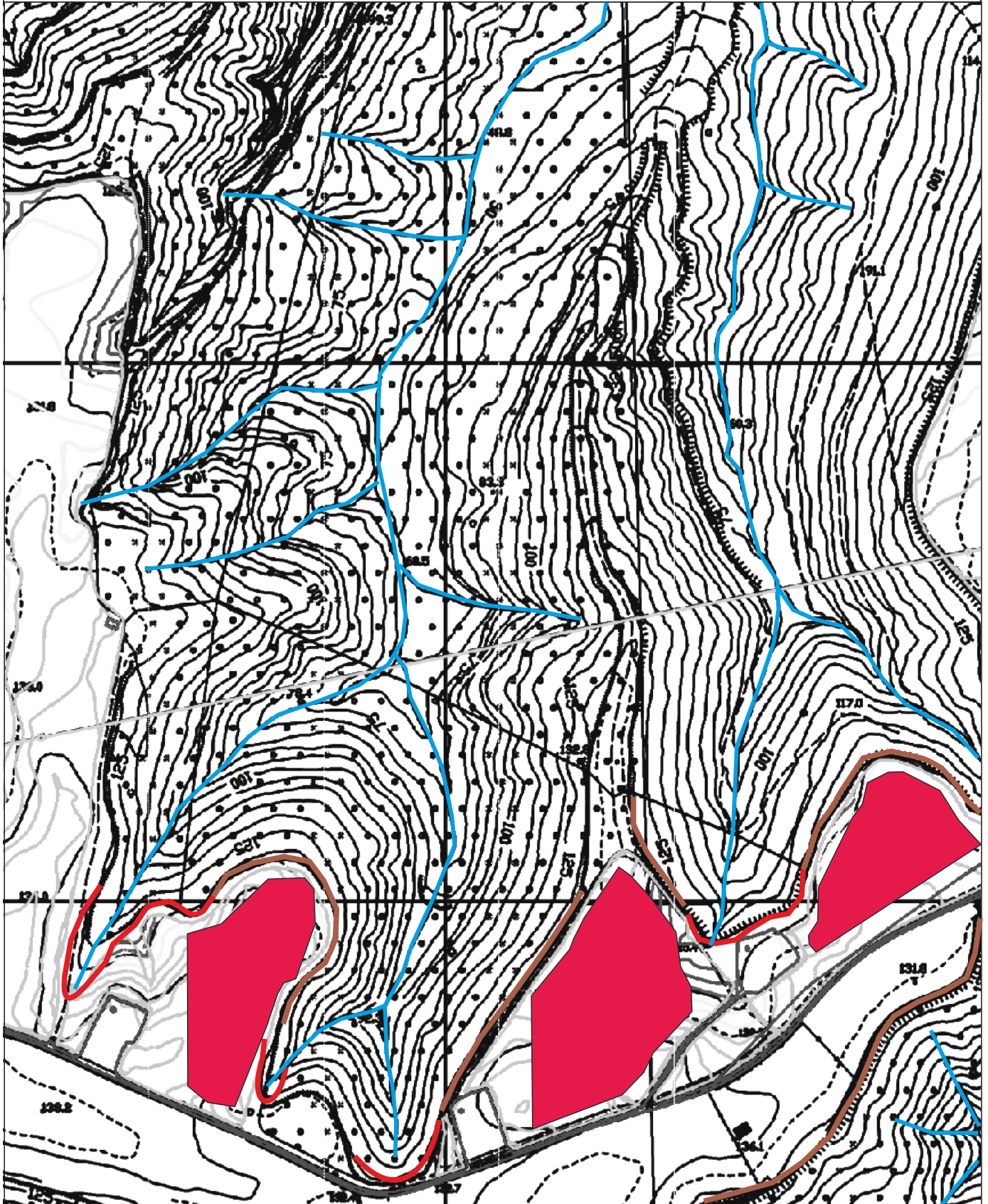
Cigli di scarpata soggette a lenta azione erosiva




Circolazione idrica superficiale concentrata





Scala 1:5000



CARTA GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

 Zone soggette a intensa erosione concentrata a causa dello scorrimento idrico superficiale

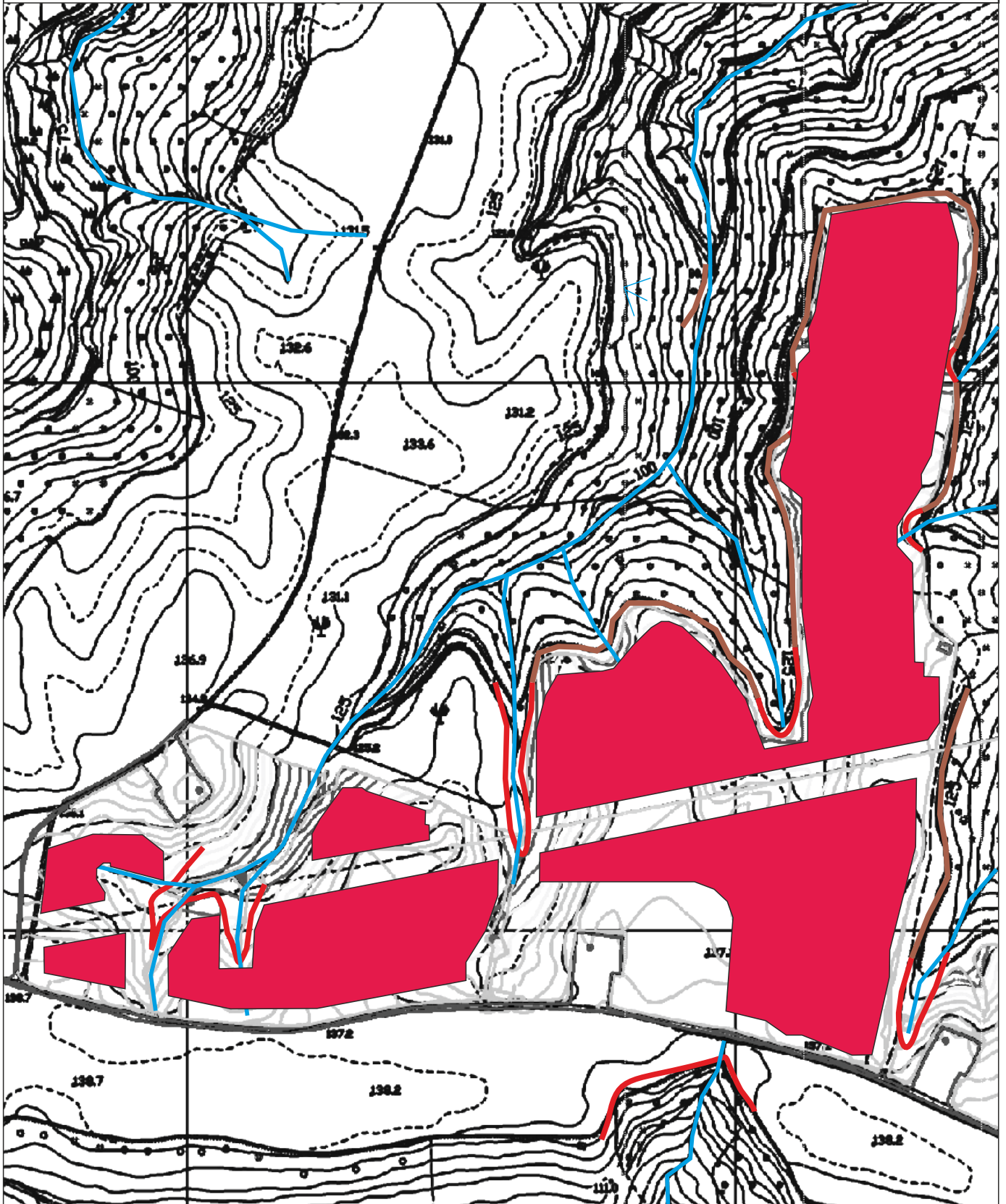
 Moduli fotovoltaici

 Cigli di scarpata soggette a lenta azione erosiva

 Circolazione idrica superficiale concentrata

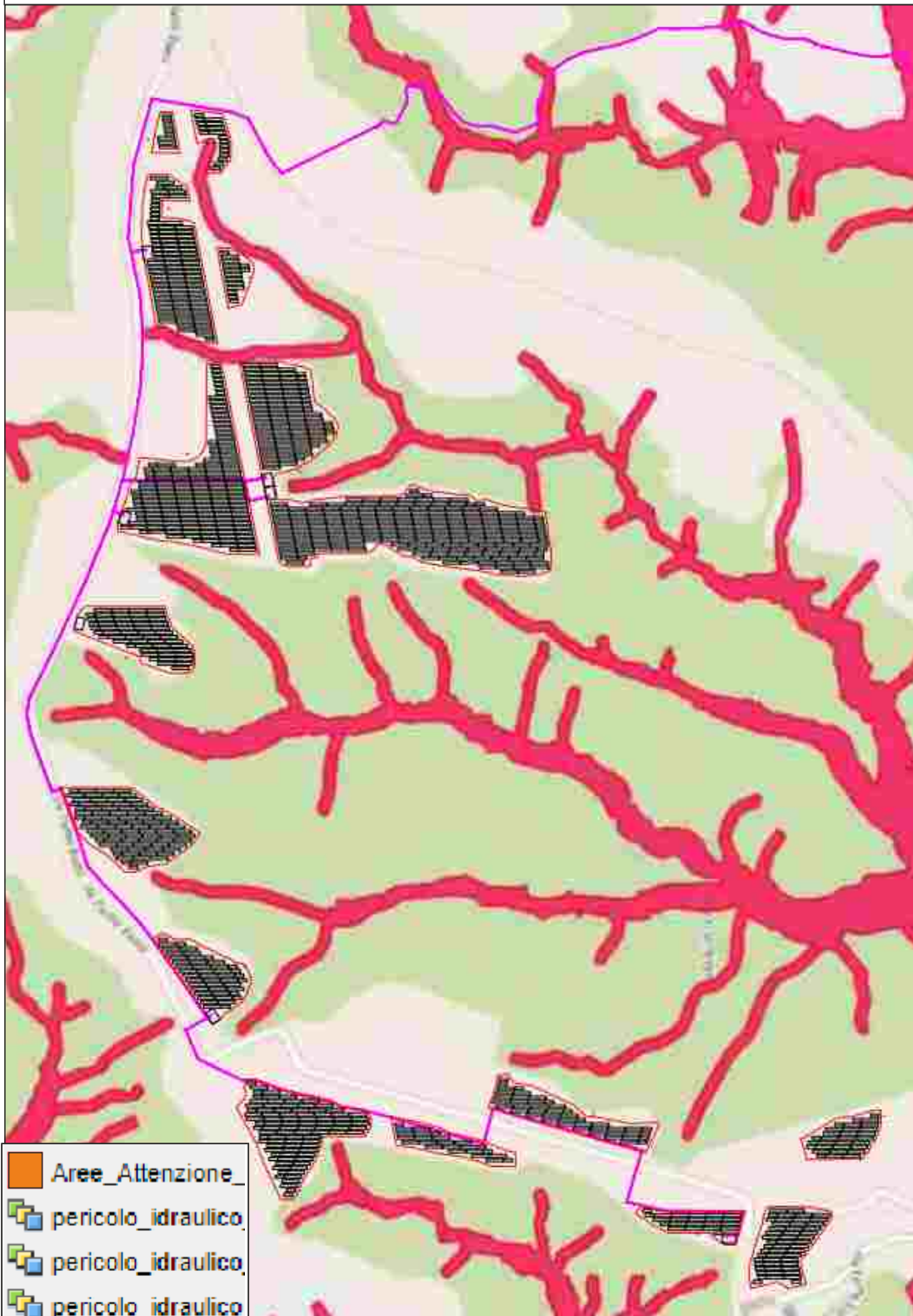










Scala 1:5000



CARATA PAI Calabria - PGRA Pericolo idraulico - 2016

Ciclo 2016 - 2021



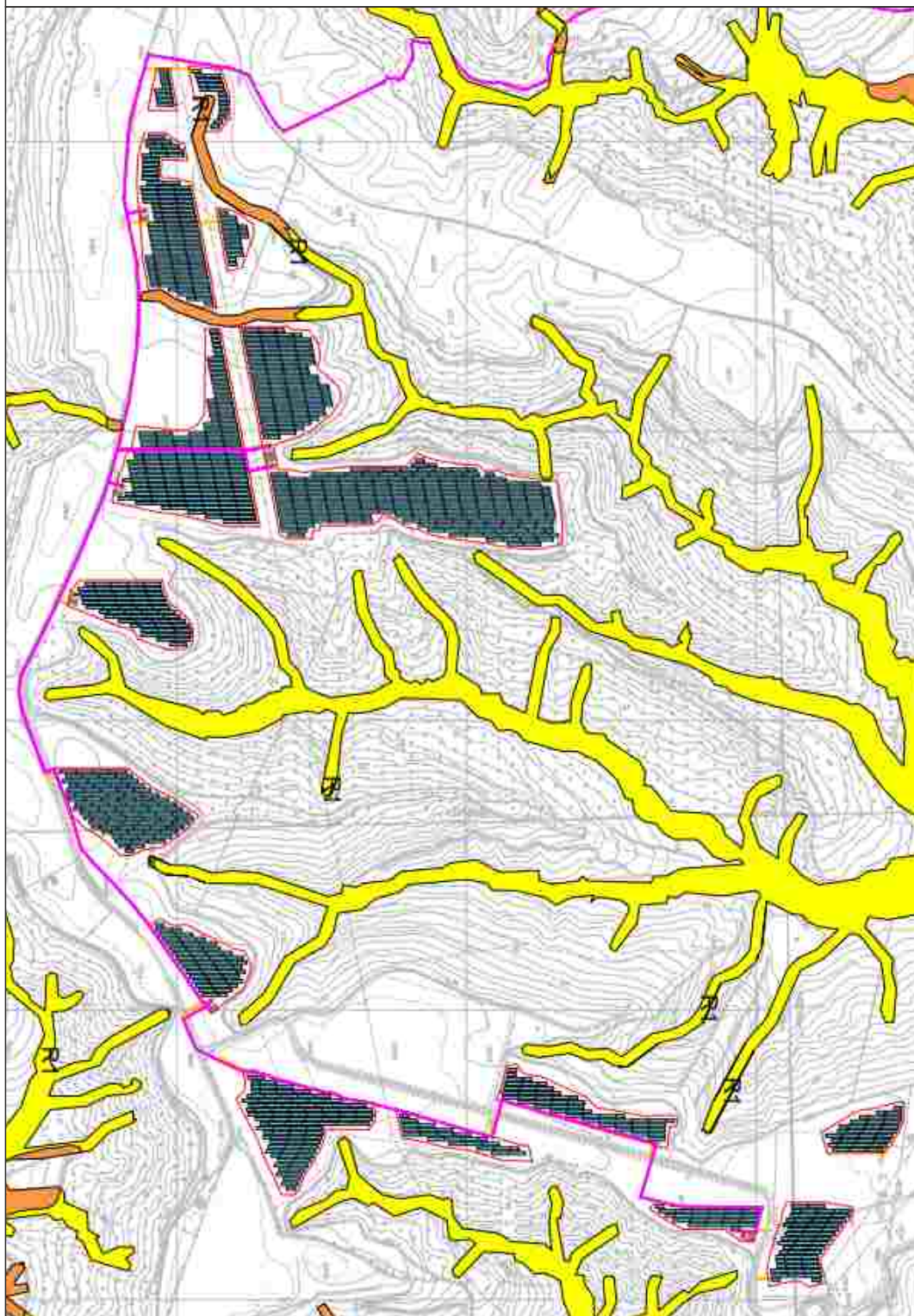
-  Aree_Attenzione_
-  pericolo_idraulico.
-  pericolo_idraulico.
-  pericolo_idraulico.
-  pericolo_idraulico.
-  P1
-  P2
-  P3

 Pannelli fotovoltaici

Scala 1:5000

PGRA RISCHIO ALLUVIONE - PAI CALABRIA 2016

ciclo 2016 - 2021



LEGENDA:
PGRA - Rischio di alluvione - II ciclo 2016-2021

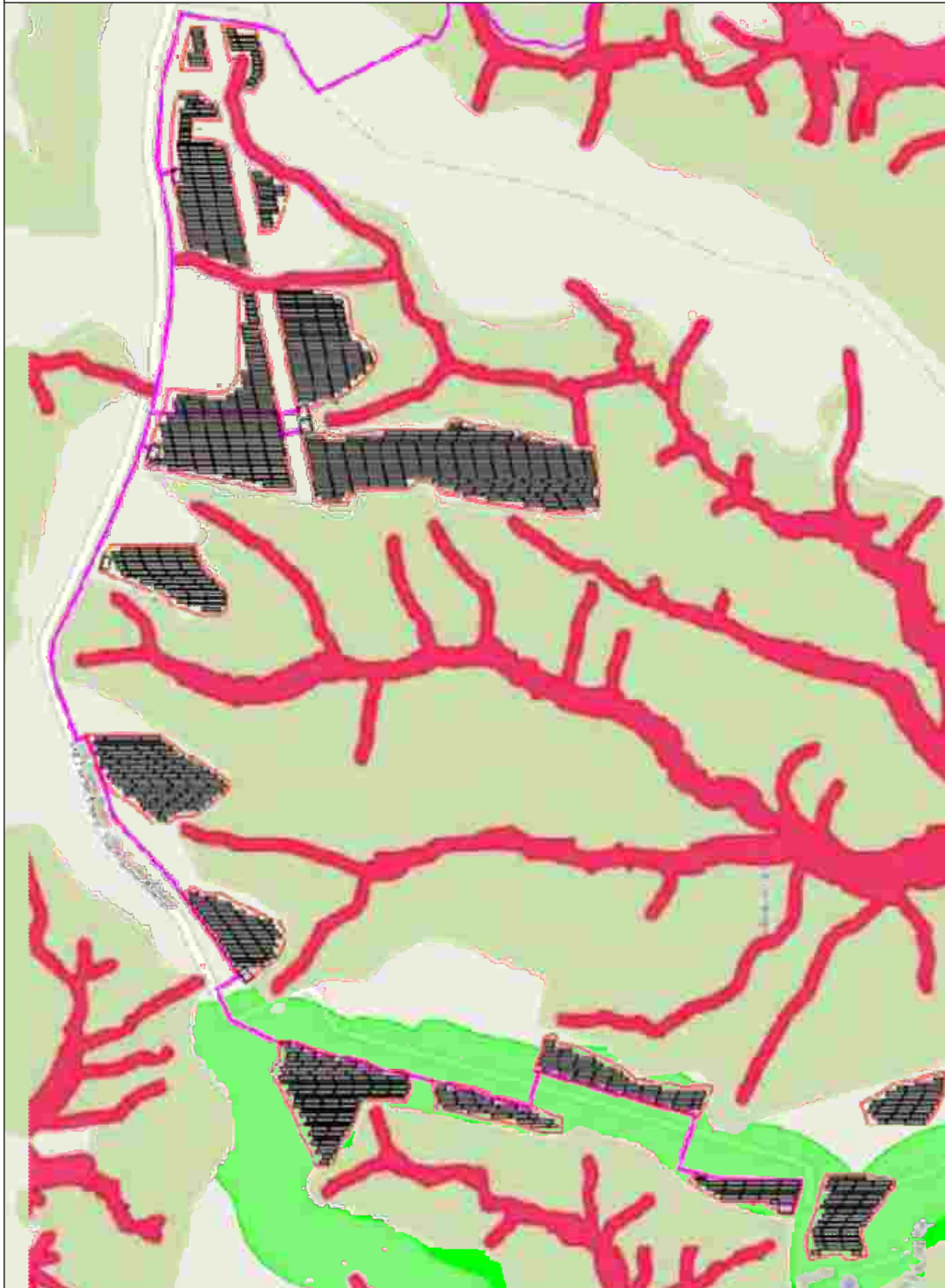
- R1
- R2
- R3
- R4



Pannelli fotovoltaici

Scala 1:5000

TRASPOSIZIONE CARATA PAI - PGRA Calabria 2016
 Pericolo idraulico e Pericolo Frane
 ciclo 2016 - 2021



Legenda - IDRAULICO

	Aree_Attenzione_
	pericolo_idraulico,
	pericolo_idraulico,
	pericolo_idraulico,
	pericolo_idraulico,
	P1
	P2
	P3

Legenda - FRANE

	Frane 2016 Pericolosità
	IP1
	IP2
	IP3
	IP4
	Frane 2016 Pericolo BF
	BIP1
	BIP2
	BIP3
	BIP4

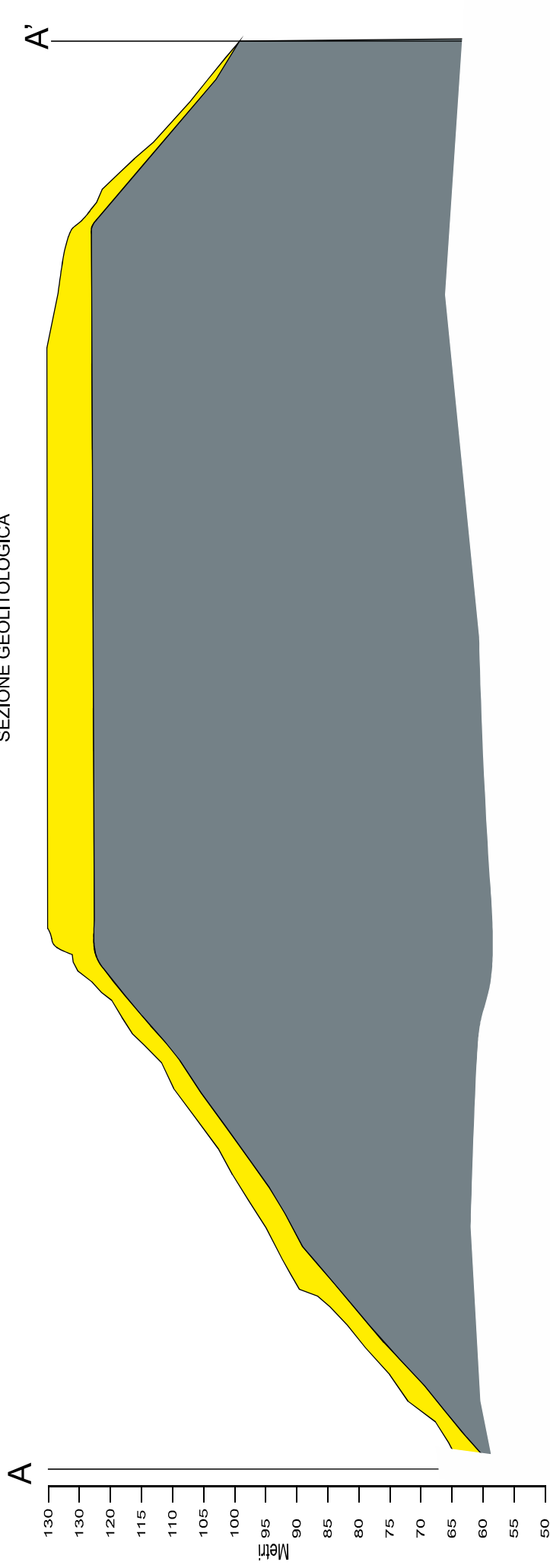


Pannelli fotovoltaici

Scala 1:5000



MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

SEZIONE GEOLITOLOGICA



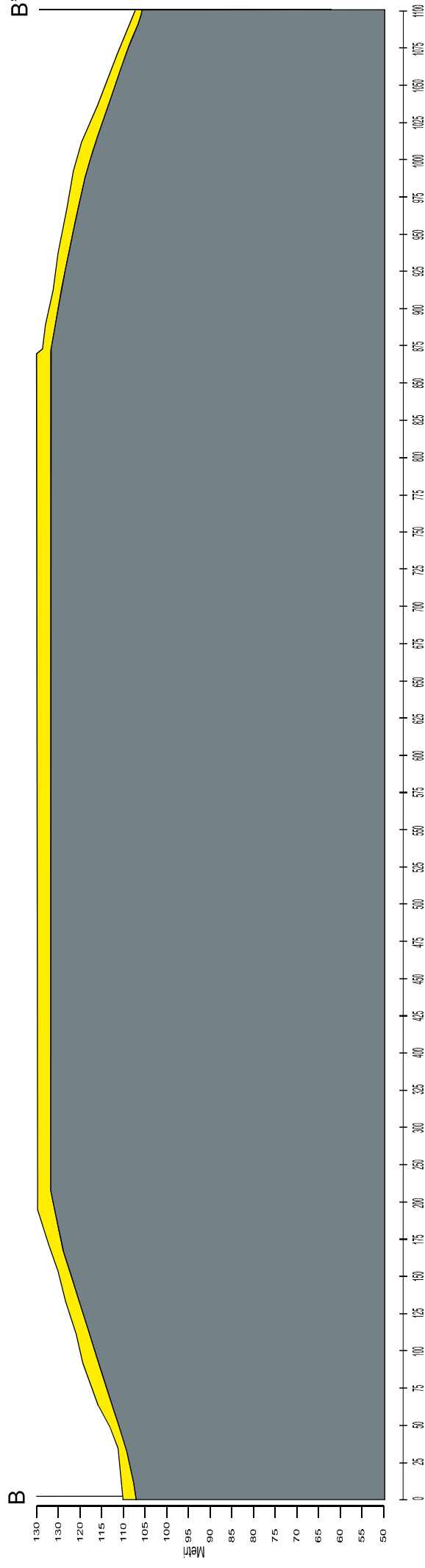
Limo sabbioso con intercalazioni di calcaretti tenere. Età Pleistocene



Argilla limosa molto consistente caratterizzata da una bassa permeabilità. Età Pliocene.


	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,01$ kg/cmq
	$\gamma = 1,85$ g/cm ³	
	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,28$ kg/cmq
	$\gamma = 2,0$ g/cm ³	


MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

SEZIONE GEOLITOLOGICA



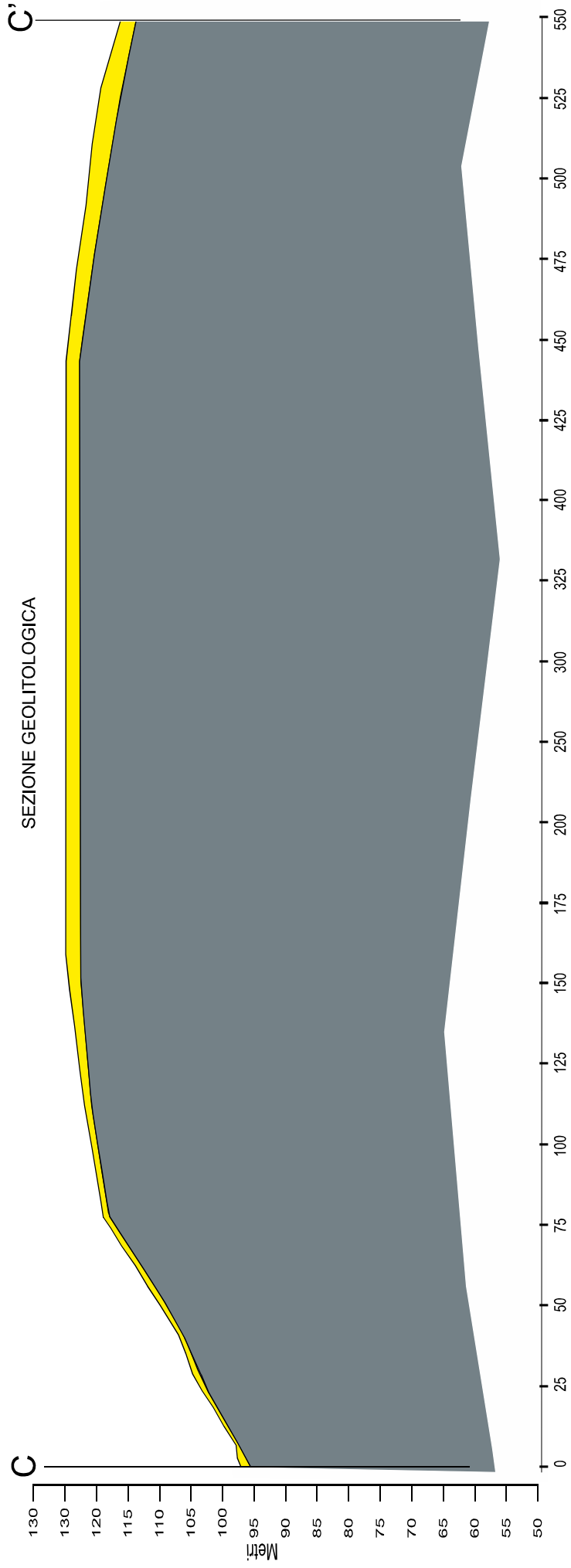
	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,01 \text{ kg/cm}^2$	$\gamma = 1,85 \text{ g/cm}^3$
	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,28 \text{ kg/cm}^2$	$\gamma = 2,0 \text{ g/cm}^3$

 Limo sabbioso con intercalazioni di calcaretti tenere. Età Pleistocene

 Argilla limosa molto consistente caratterizzata da una



MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

SEZIONE GEOLITOLOGICA



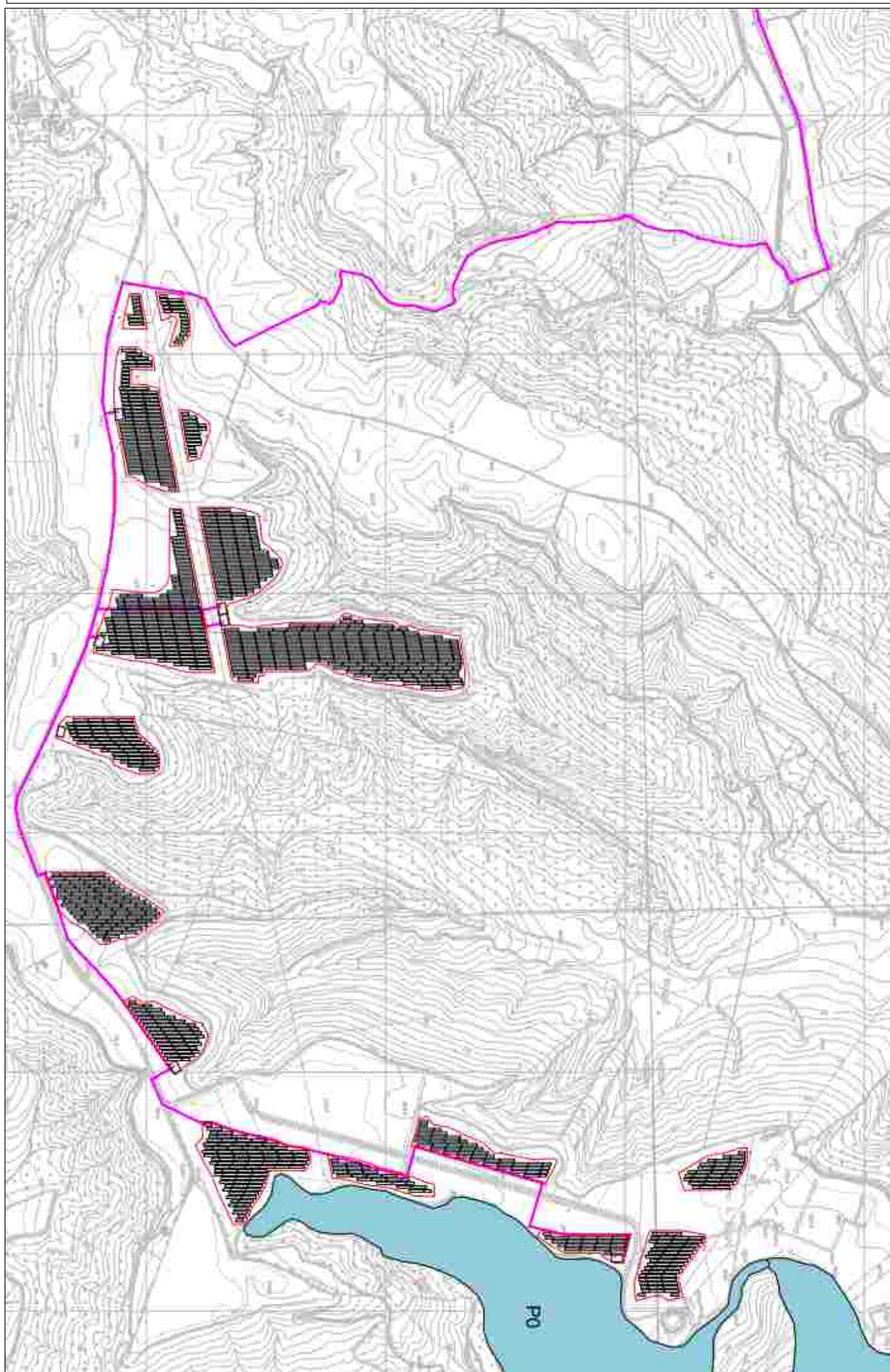
Limo sabbioso con intercalazioni di calcaretti tenere. Età Pleistocene




Argilla limosa molto consistente caratterizzata da una bassa permeabilità. Età Pliocene.

	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,01$ kg/cmq
		$\gamma = 1,85$ g/cm
	$\phi = 24^\circ$	$c' = 0,28$ kg/cmq
		$\gamma = 2,0$ g/cm

PIANO STRALCIO PAI 2016 - Pericolo Frane

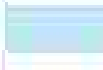

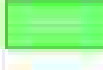

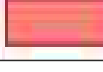
Scala 1:10.000



	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV

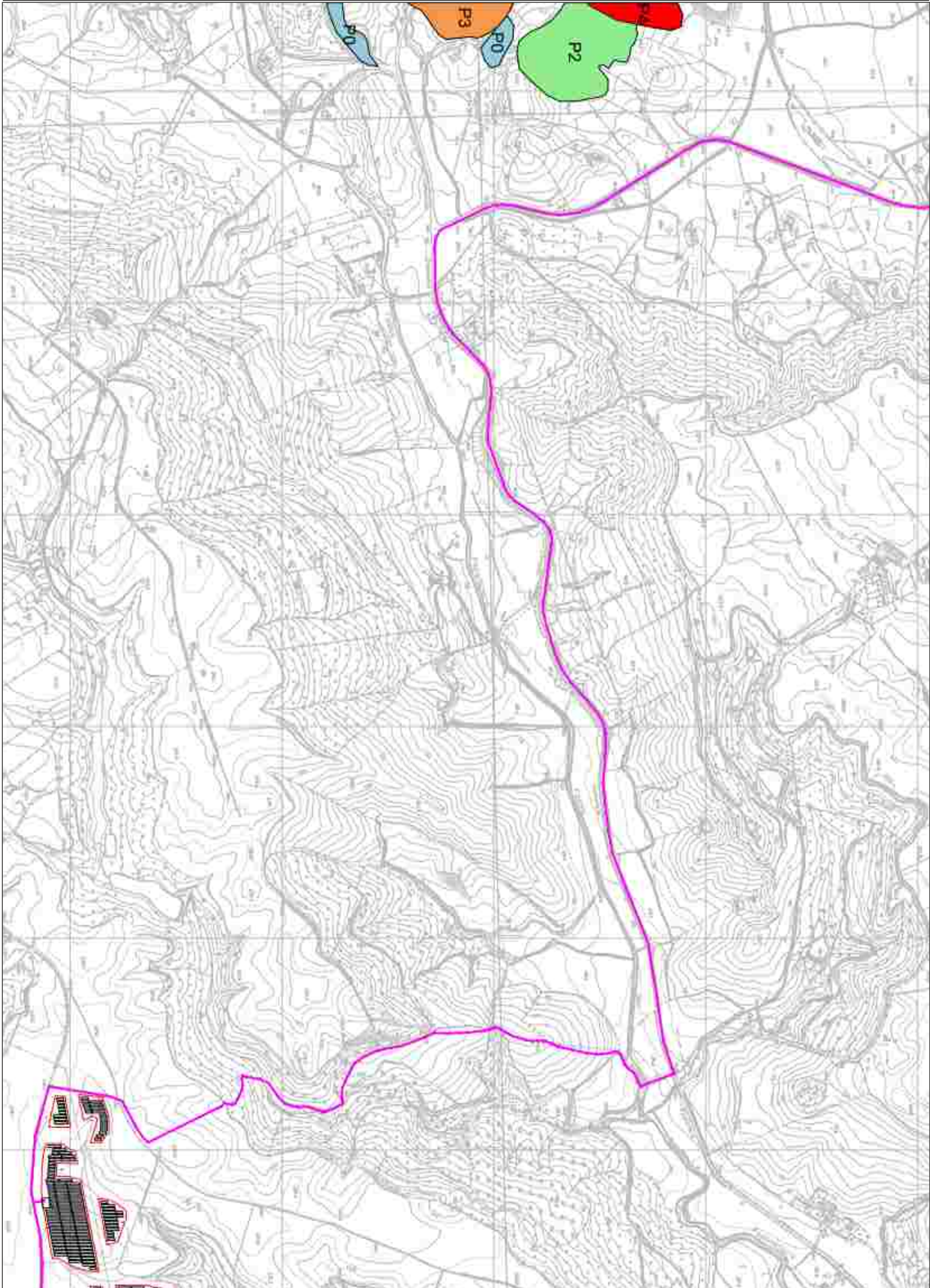
LEGENDA:

Piano Stralcio PAI - Pericolo frana - agg. 2016

	P0
	P1
	P2
	P3
	P4

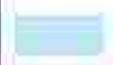




PIANO STRALCIO PAI 2016 - Pericolo Frane

Scala 1:10.000



LEGENDA:

Piano Stralcio PAI - Pericolo frana - agg. 2016



-  P0
-  P1
-  P2
-  P3
-  P4

-  Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
-  Cavidotto AT 150 kV
-  Cavidotto MT 30 kV

PIANO STRALCIO PAI 2016 - Pericolo Frane

Scala 1:10.000

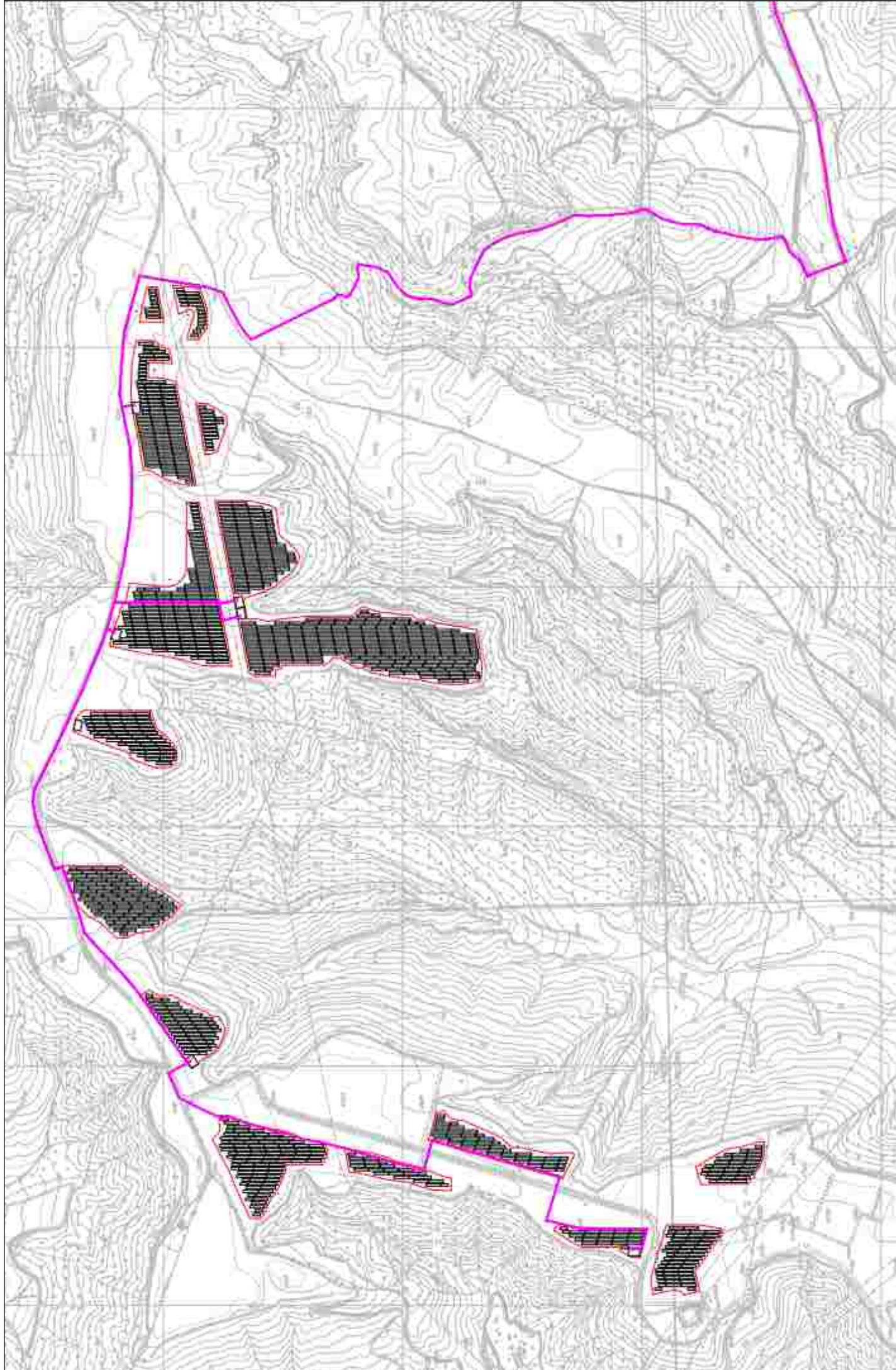


	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV

LEGENDA:	
Piano Stralcio PAI - Pericolo frana - agg. 2016	
	P0
	P1
	P2
	P3
	P4

PIANO STRALCIO PAI 2016 - Rischio Idraulico 2016

Scala 1:10.000



LEGENDA:

Piano Stralcio PAI - Rischio Idraulico - agg. 2016

- R1
- R2
- R3
- R4

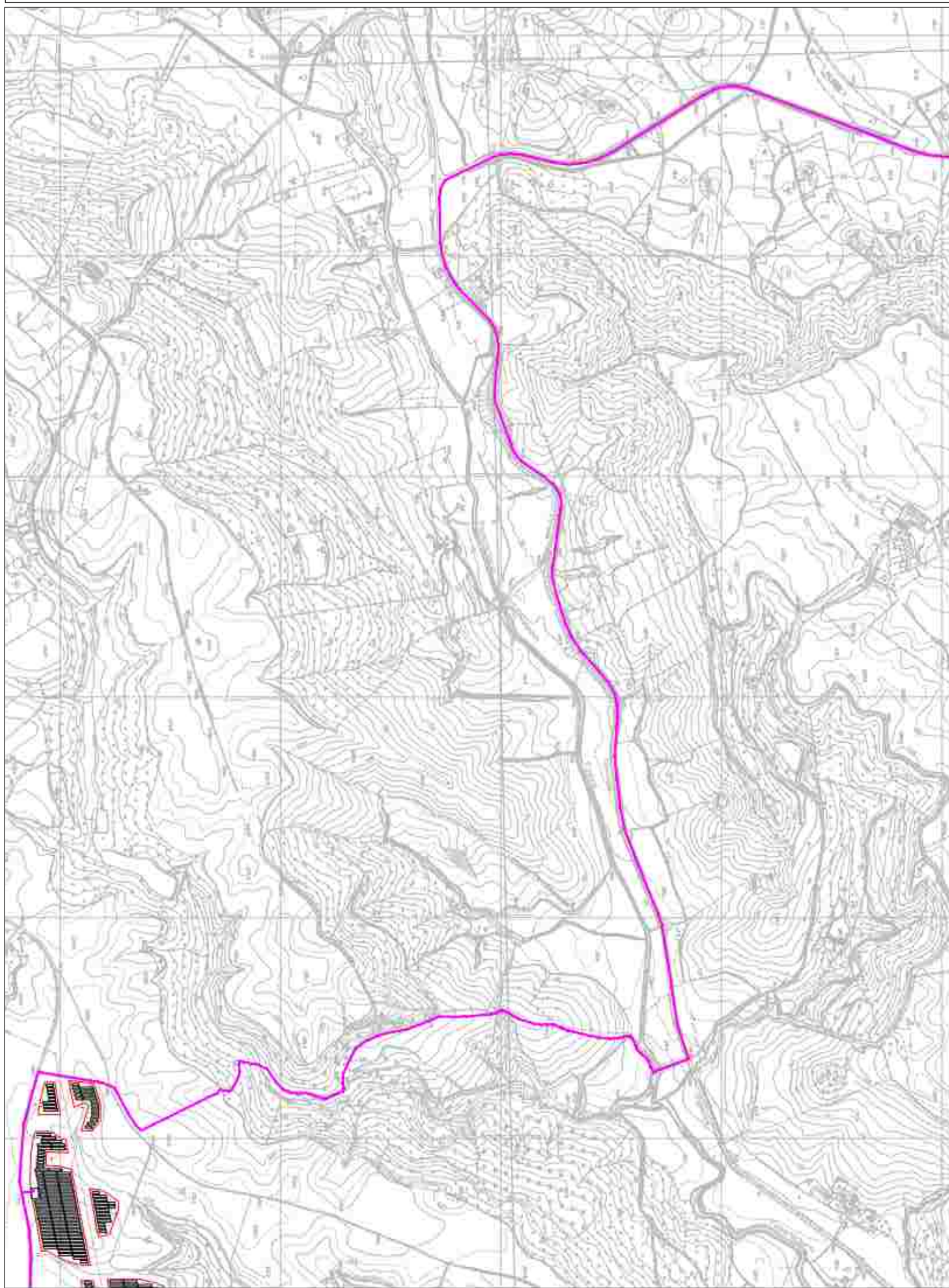
Simbolo

- Area d'impianto
- SE Terra 380/150 kV "Scandale"
- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV

- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV

PIANO STRALCIO PAI 2016 - Rischio Idraulico 2016

Scala 1:10.000



LEGENDA: Piano Stralcio PAI - Rischio Idraulico - agg. 2016

- R1
- R2
- R3
- R4

Progetto

- Area d'impianto
- SE Terna 380/150 kV "Scandale"
- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV

- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV

PIANO STRALCIO PAI 2016 - Rischio Idraulico 2016

Scala 1:10.000






LEGENDA:
Piano Stralcio PAI - Rischio Idraulico - agg. 2016

	R1
	R2
	R3
	R4

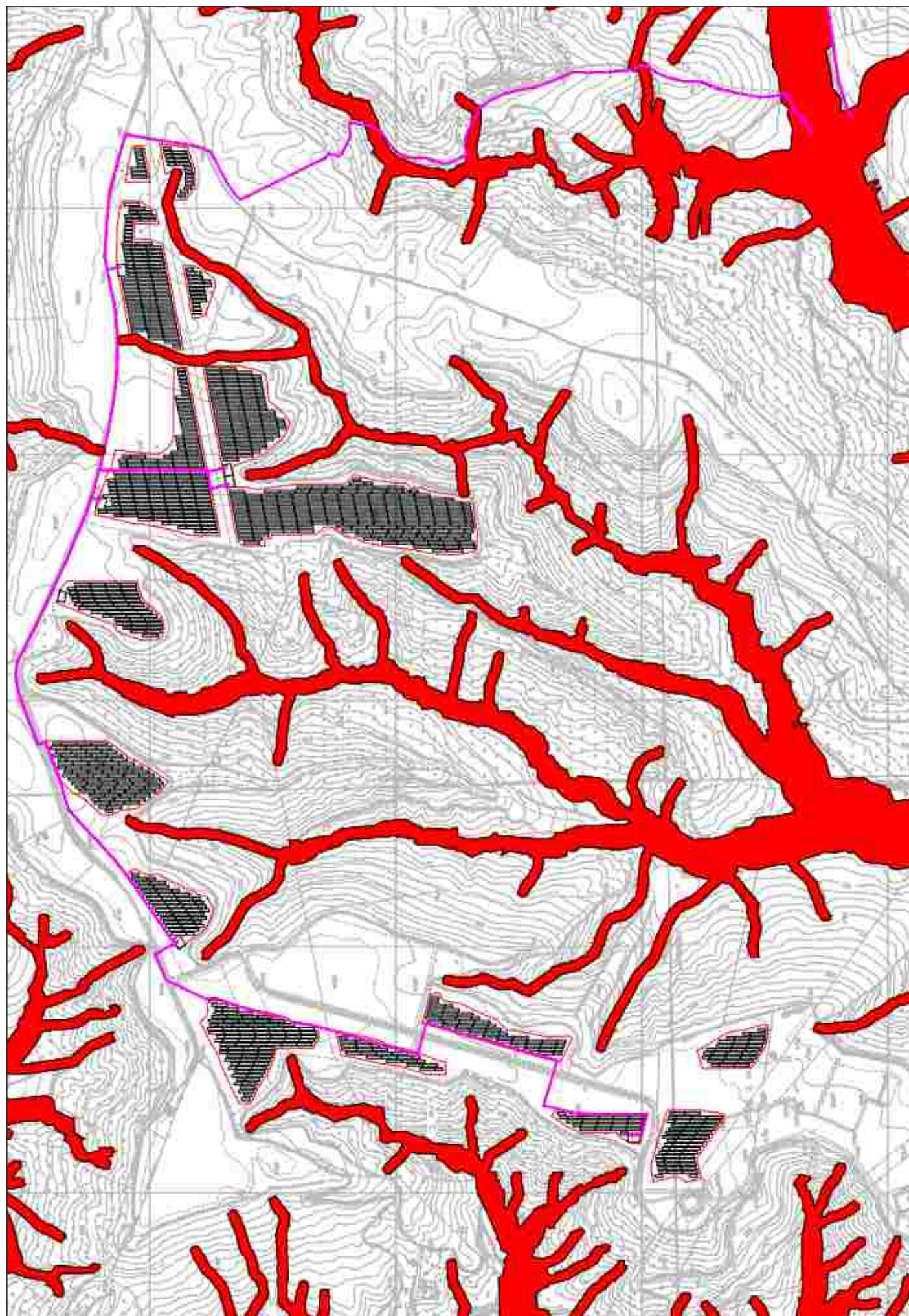
Progetto

	Area d'impianto
	SE Terra 380/150 kV "Scandale"
	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV

	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV

PGRA - Pericolo di Alluvione - Il ciclo 2016-2021

Scala 1:10.000



LEGENDA:

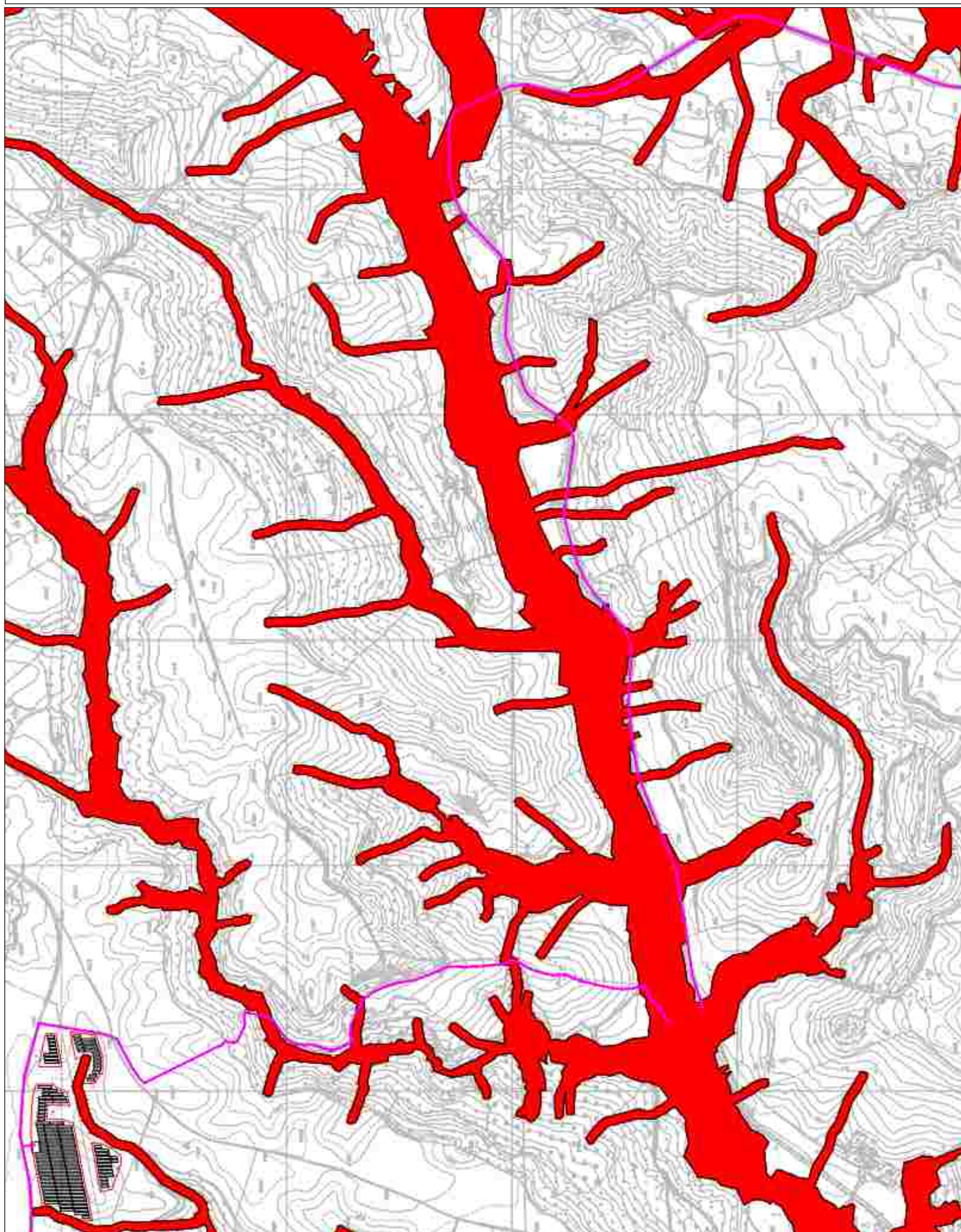
PGRA - Pericolosità di alluvione - Il ciclo 2016-2021

- Bassa
- Media
- Alta

- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV
- Pannelli fotovoltaici

PGRA - Pericolo di Alluvione - Il ciclo 2016-2021





Scala 1:10.000



LEGENDA:

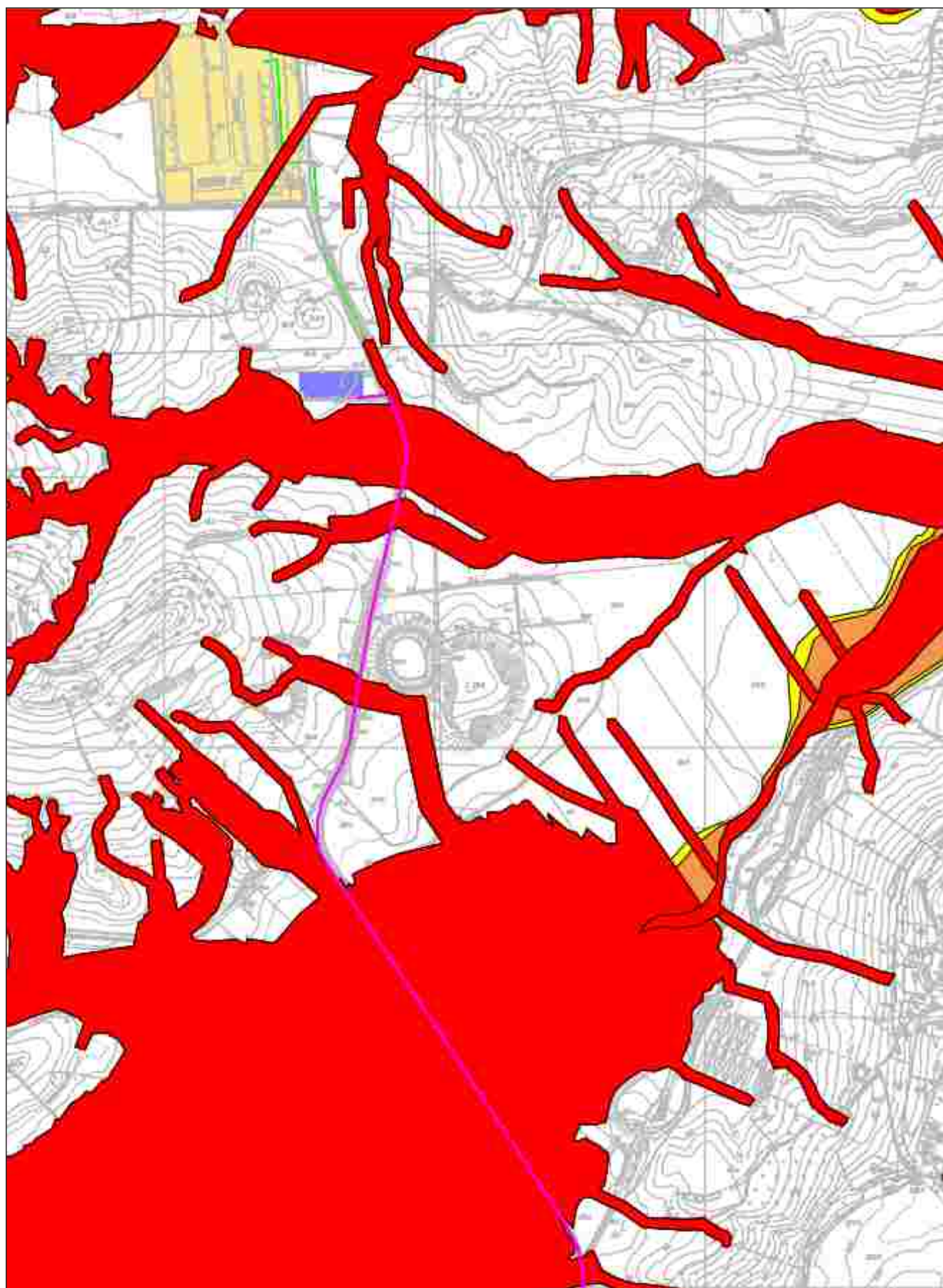
PGRA - Pericolosità di alluvione - Il ciclo 2016-2021

-  Bassa
-  Media
-  Alta




-  Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
-  Cavidotto AT 150 kV
-  Cavidotto MT 30 kV
-  Pannelli fotovoltaici

PGRA - Pericolo di Alluvione - Il ciclo 2016-2021

Scala 1:10.000



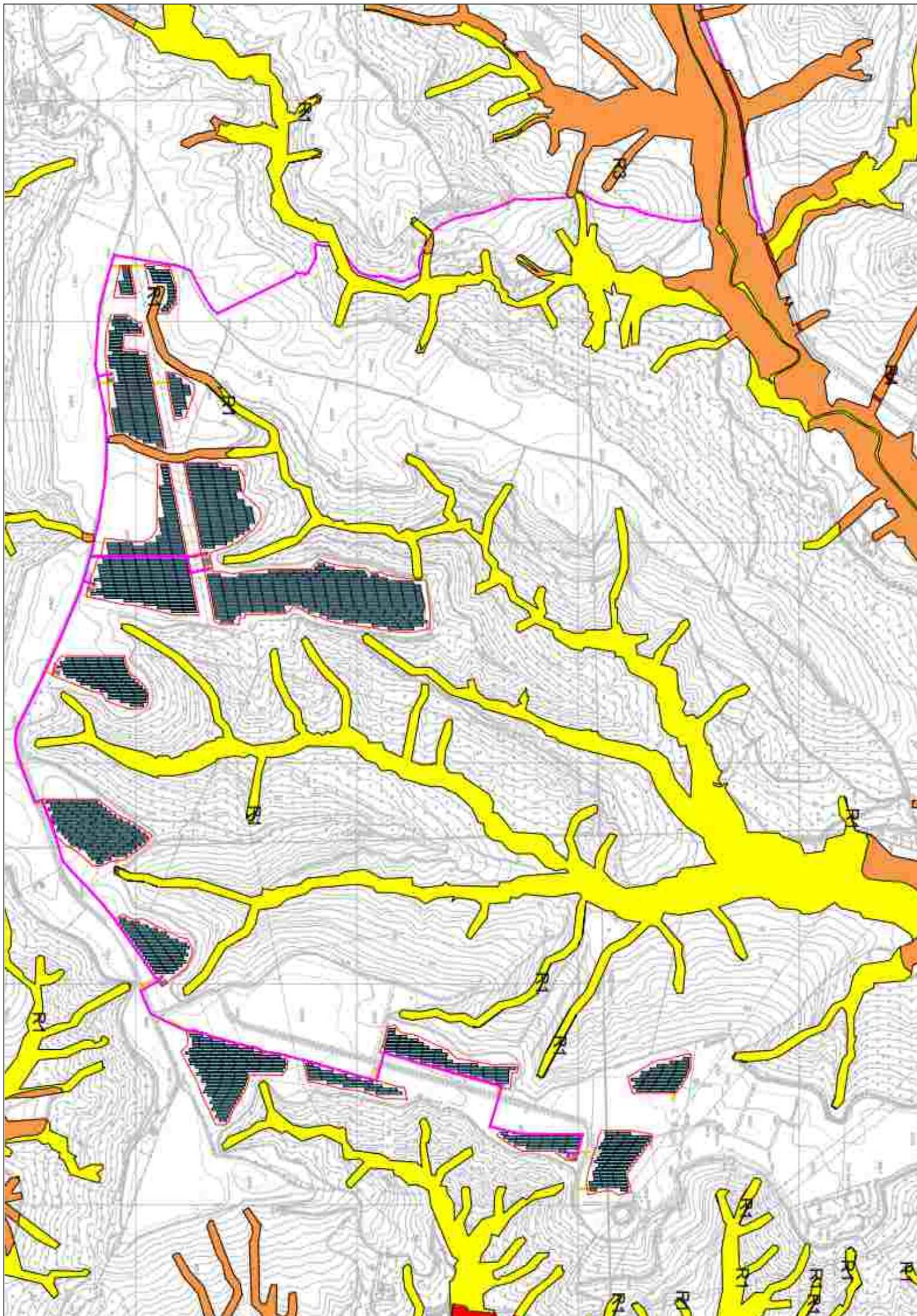
LEGENDA:
PGRA - Pericolosità di alluvione - Il ciclo 2016-2021

	Bassa
	Media
	Alta

	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV
	Pannelli fotovoltaici


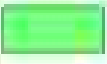


PGRA - Rischio di Alluvione - Il ciclo 2016-2021

Scala 1:10.000



LEGENDA:

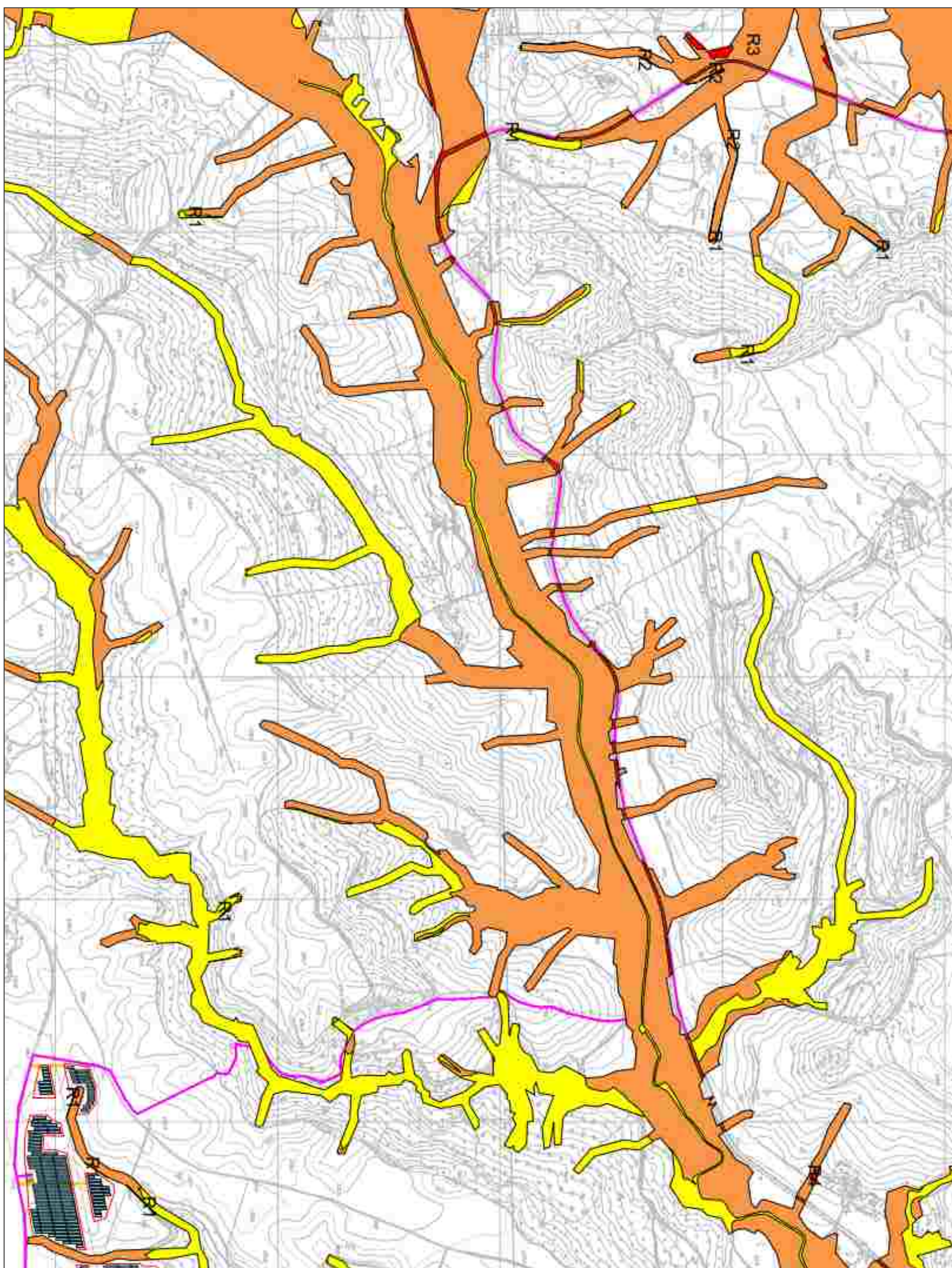
PGRA - Rischio di alluvione - Il ciclo 2016-2021

-  R1
-  R2
-  R3
-  R4

-  Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
-  Cavidotto AT 150 kV
-  Cavidotto MT 30 kV
-  Pannelli fotovoltaici





PGRA - Rischio di Alluvione - Il ciclo 2016-2021


Scala 1:10.000



LEGENDA:

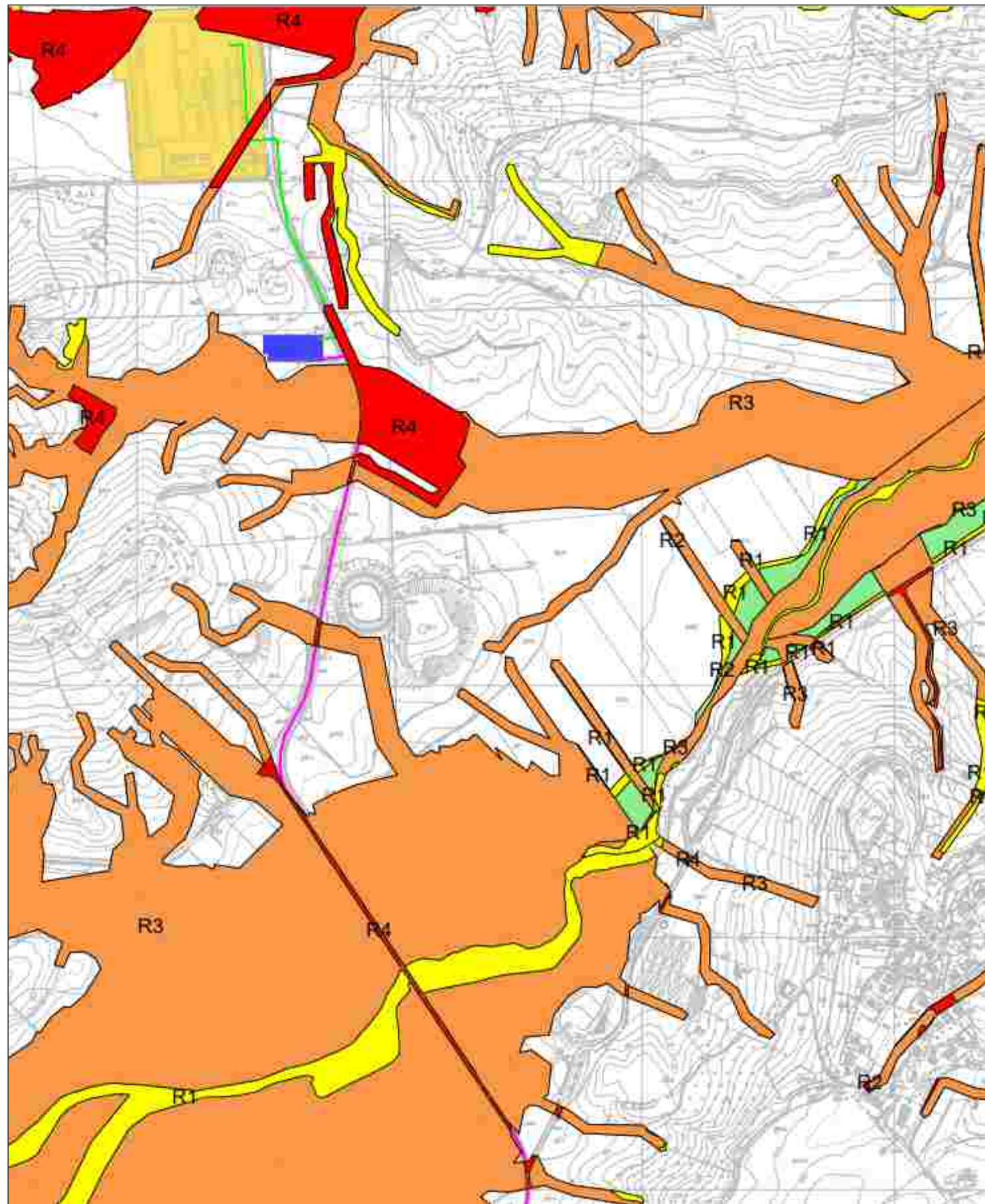
PGRA - Rischio di alluvione - Il ciclo 2016-2021

	R1
	R2
	R3
	R4

	Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
	Cavidotto AT 150 kV
	Cavidotto MT 30 kV
	Pannelli fotovoltaici

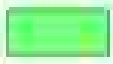
PGRA - Rischio di Alluvione - Il ciclo 2016-2021





Scala 1:10.000



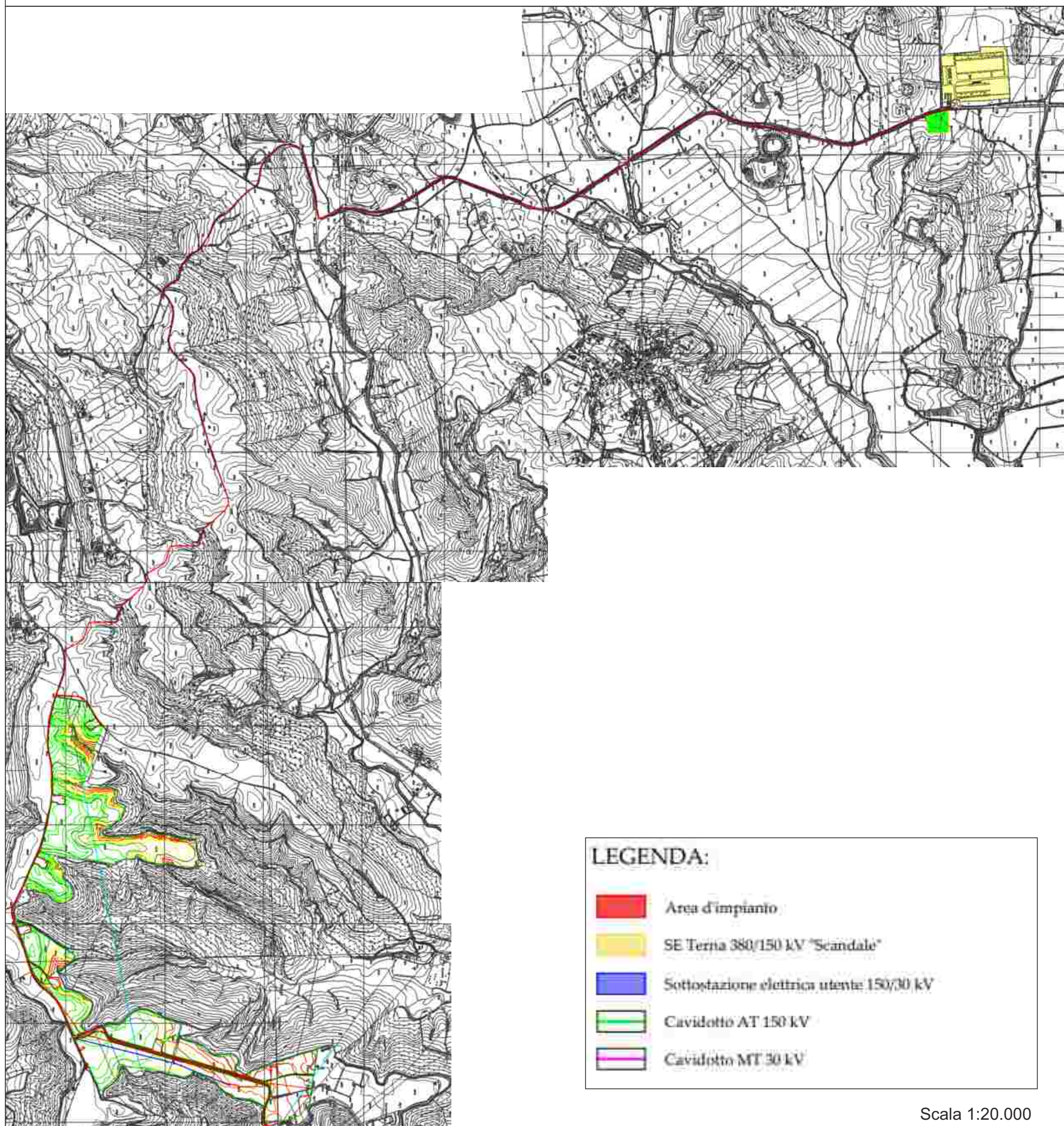
LEGENDA:

PGRA - Rischio di alluvione - Il ciclo 2016-2021

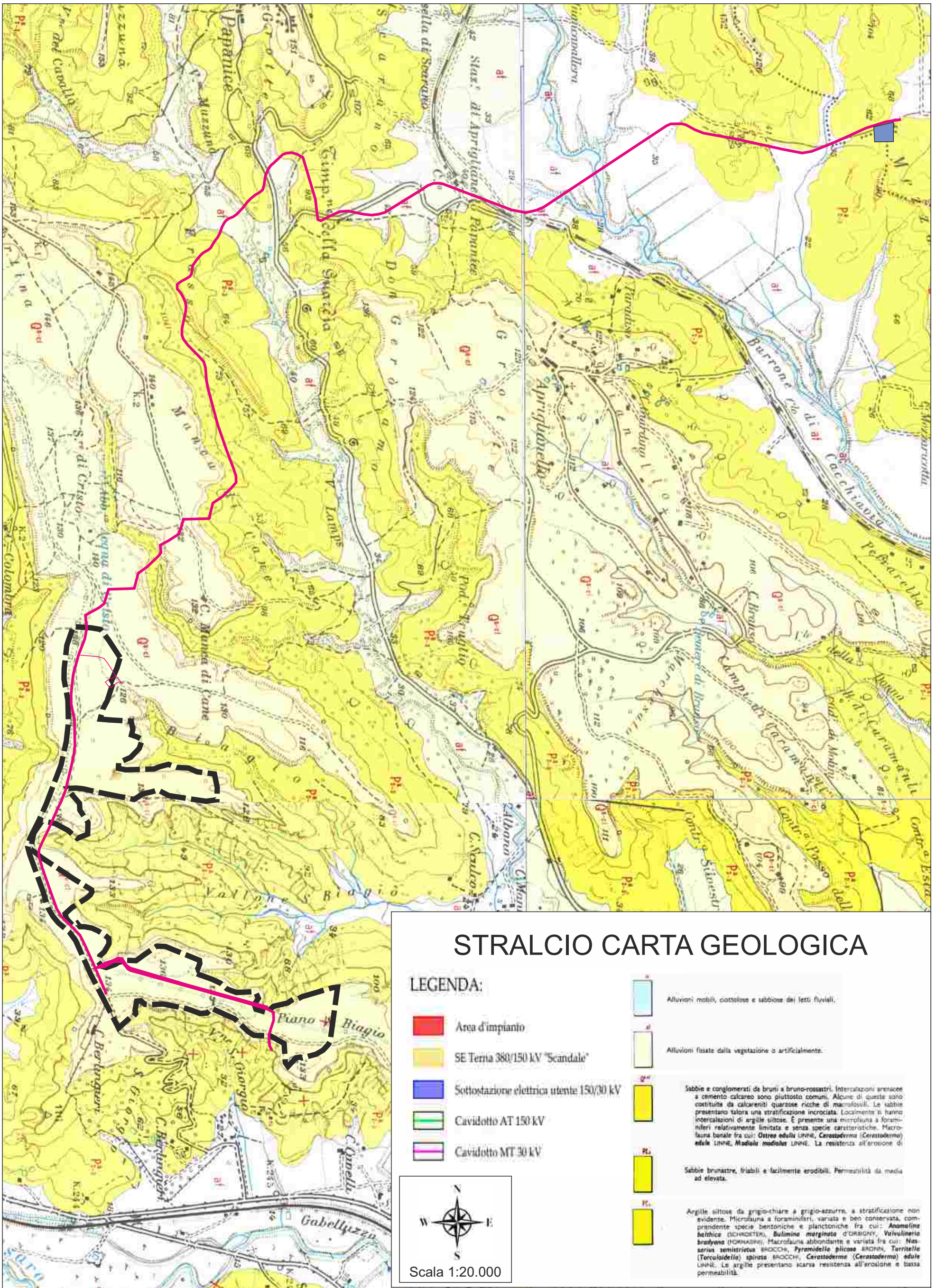
-  R1
-  R2
-  R3
-  R4

-  Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
-  Cavidotto AT 150 kV
-  Cavidotto MT 30 kV
-  Pannelli fotovoltaici

CTR CON UBICAZIONE AREA DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO - CAVIDOTTO E
SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE



Scala 1:20.000



STRALCIO CARTA GEOLOGICA

LEGENDA:

- Area d'impianto
- SE Terna 380/150 kV "Scandale"
- Sottostazione elettrica utente 150/30 kV
- Cavidotto AT 150 kV
- Cavidotto MT 30 kV

- Alluvioni mobili, ciottolose e sabbiose dei letti fluviali.
- Alluvioni fissate dalla vegetazione o artificialmente.
- Sabbie e conglomerati da bruni a bruno-rossastri. Intercalazioni arenacee a cemento calcareo sono piuttosto comuni. Alcune di queste sono costituite da calcareniti quarzose ricche di macrofossili. Le sabbie presentano talora una stratificazione incrociata. Localmente si hanno intercalazioni di argille siltose. È presente una microfossilsa a foraminiferi relativamente limitata e senza specie caratteristiche. Macrofauna tonale fra cui: *Ostrea edulis* LINNE, *Cerastoderma* (*Cerastoderma*) *edule* LINNE, *Modiola medialis* LINNE. La resistenza all'erosione di
- Sabbie brunastre, friabili e facilmente erodibili. Permeabilità da media ad elevata.
- Argille siltose da grigio-chiare a grigio-azzurre, a stratificazione non evidente. Microfauna a foraminiferi, variata e ben conservata, comprendente specie bentoniche e planctoniche fra cui: *Anomalina batthica* (SCHROETER), *Bulimina marginata* d'ERRON, *Valvulinaria bradyana* (HONKASIKI), Macrofauna abbondante e variata fra cui: *Nassarius semistriatus* BRONCH, *Pyramidella pilosus* BRONCH, *Terrilite* (*Torcoloides*) *spirata* BRONCH, *Cerastoderma* (*Cerastoderma*) *edule* LINNE. Le argille presentano scarsa resistenza all'erosione e bassa permeabilità.



Scala 1:20.000