

COMUNE DI PRATO

**Ristrutturazione di edificio residenziale con annessi agricoli
posto in Prato, Via del Palco 257**

Proprietà:

Sig. Francesco Rosati

Progettista:

Ing. Federico Mazzoni

RELAZIONE GEOLOGICA

Dott. Geol. Alessandro Lenzi (*Iscr. O. R. Geol. della Toscana n. 890*)

via P. Maroncelli n. 9, 59100 PRATO

Tel. 0574.1826452

e-mail: alessandrolenzi.geo@libero.it

Dott. Devis Bartolini

via Isola 99/f, 59015 Carmignano (PO)

Tel. 3398324308

e-mail: bartolini.devis@gmail.com



Maggio 2021

Indice

	<i>pag.</i>
PREMESSA	3
METODOLOGIA	4
VINCOLISTICA.....	5
Pericolosità geomorfologica	5
Pericolosità sismica	5
Pericolosità idraulica	6
PARAMETRI SISMICI	7
Classificazione sismica	9
RISCHIO SISMICO (REGIONE TOSCANA).....	11
INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
Osservazioni sull'area di diretto interesse	15
CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	17
ILLUSTRAZIONE DEL PROGRAMMA DI INDAGINI.....	18
Indagine sismica	18
Prove penetrometriche	19
Classificazione di Hoek-Brown	20
MODELLO GEOLOGICO	21
VERIFICA DELLA STABILITÀ DEL VERSANTE	23
CONSIDERAZIONI FINALI	24
ALLEGATI	27
All. 1 - Ubicazione area intervento	28
All. 2 - Carta geologica	29
All. 3 - Carta Geomorfologica	30
All. 4 - Cartografia PAI - PGRA	31
All. 5 – Carta geomorfologica comunale	32
All. 6 - Pericolosità Geomorfologica	33
All. 7 - Pericolosità sismica	34
All. 8 – Ubicazione punti di affioramento	35
All. 9 – Rilievo di campagna	36
All. 10 – Report campagna geognostica (prove penetrometriche)	37
All. 11 - Report campagna geognostica (indagini geofisiche)	56
All. 12 - Report elaborazioni stabilità del versante	72
All. 13 – Grafici elaborazioni stabilità del versante	95

Premessa

Su incarico del sig. Francesco Rosati, proprietario, è stato eseguito uno studio geologico finalizzato all'inquadramento dell'area interessata da un intervento di ristrutturazione. Nella presente Relazione Geologica, in particolare, vengono illustrate le indagini eseguite e i risultati ottenuti, oltre a venire indicate le zonazioni di pericolosità derivanti dalle vincolistiche comunali e sovracomunali.

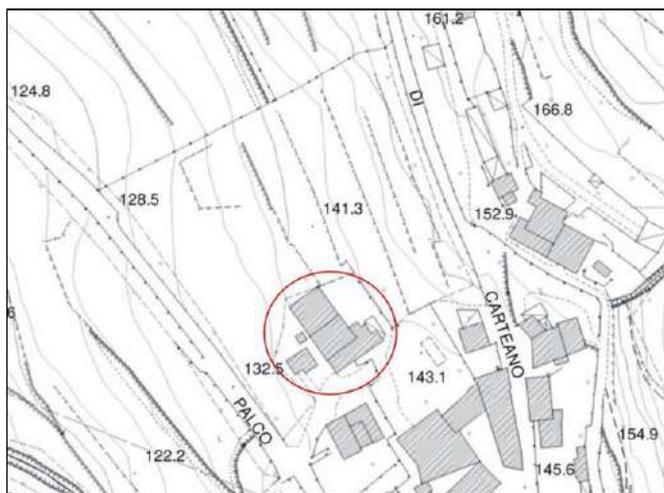


Fig. 1 – Fabbricato di proprietà (scala 1:2.000)

Il fabbricato, destinato a civile abitazione, è situato in via del Palco n. 257 in loc. Filettole, Comune di Prato (v. All. 1 – Ubicazione dell'area di intervento). L'intervento riguarda, dal punto di vista catastale, le particelle 111 e 112 del Foglio 0025 del Comune di Prato.



Fig. 2 – Ritaglio della mappa catastale (scala 1:2.000)

L'edificio non si trova in aderenza con altri fabbricati e presenta uno sviluppo di due

piani fuori terra più uno seminterrato.

L'intervento sul fabbricato prevede una serie di operazioni quali riaperture di alcune finestre e passaggi tra i vani, modifiche a scale interne, demolizione o costruzione di muri divisorii. A questo si aggiunge una serie di opere di sistemazione esterna, come il recupero dei passaggi e camminamenti che cingono il fabbricato, del vialetto di accesso e di porzioni di muro a secco crollati, la demolizione di piccoli manufatti accessori e il recupero di detti volumi al fine dell'armonizzazione dell'insieme e della migliore fruizione degli spazi. Per una dettagliata documentazione delle opere si rimanda agli elaborati della progettazione. In generale tutto l'insieme degli interventi può essere considerato di modesta entità, almeno per quanto concerne l'interazione opera – terreno.

L'indagine è stata eseguita in conformità a quanto previsto dalle vigenti normative nazionali e regionali:

DM 17.1.2018, aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC);

LR 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) e relativi regolamenti di attuazione, ivi compreso il recente regolamento 5/R del 30.1.2020, in attuazione dell'art. 104.

Per raggiungere gli obiettivi di questa relazione si è fatto ampio riferimento alla documentazione del Sistema Informativo Territoriale e Ambientale della Regione Toscana (DB Geologico), agli studi del Piano di Bacino e alla cartografia del Piano Strutturale del Comune di Prato e relativa variante (Delibera 16/2019) ai fini dell'adeguamento del quadro conoscitivo al DPGR53/R/2011 e al PGRA.

Metodologia

La metodologia, sulla base di quanto affermato in premessa, è stata impostata in modo da soddisfare la suddetta normativa e da rispondere compiutamente ai quesiti posti dall'assetto geologico generale della zona. Questa è stata articolata nelle seguenti fasi:

1. Esame geomorfologico ed idrogeologico di superficie della zona in oggetto e di quelle limitrofe;
2. Analisi della letteratura e della cartografia esistenti riferite all'area indagata, ivi compresi gli studi geologici per Regolamento Urbanistico e Piano Strutturale,

nonché gli studi del Piano di Bacino dell'Arno e i relativi già menzionati database comunali e sovracomunali;

3. Analisi degli elaborati forniti dalla progettazione;
4. Rilevamento geologico di dettaglio;
5. Esecuzione di una campagna geognostica per lo studio dei terreni interessati dall'intervento, articolata come segue:
 - Esecuzione di n. 3 prove penetrometriche;
 - Esecuzione di n. 2 profili sismici analizzati mediante tomografia con onde P ed SH e MASW
6. Studio della stabilità del versante in condizioni di sollecitazione sismica;
7. Valutazione ed interpretazione delle informazioni acquisite per la stima delle problematiche scaturite dall'azione in oggetto

Vincolistica

Pericolosità geomorfologica

Dal punto di vista della Pericolosità Geomorfologica (v. All. 6), la cartografia del PS del Comune di Prato colloca il lotto in esame in classe G3 (“pericolosità elevata”), la quale corrisponde a *“aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; le aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, all'azione delle acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico, oltre alle aree interessate da intensi fenomeni erosivi.”*

Prescrizioni: *“per queste aree il Piano Operativo individuerà le necessarie verifiche geologiche e indagini geognostiche da effettuare in relazione alla tipologia degli interventi ammessi, in riferimento alle particolari condizioni fisiche e geomorfologiche del contesto in cui si inseriscono coerentemente con quanto indicato al punto 3.2.1 delle Direttive per le indagini geologico-tecniche di cui all'allegato A al DPGR 53/R/11. Tali verifiche dovranno riguardare, in particolare, le effettive condizioni di stabilità dell'intervento prima e dopo la realizzazione di eventuali opere di messa in sicurezza, oltre a dimostrare che non determineranno aggravio dei processi geomorfologici già presenti nell'area”.*

Pericolosità sismica

Anche per quanto concerne la Pericolosità Sismica (v. All. 7) le indagini geologiche di supporto al Regolamento Urbanistico collocano il lotto in esame in classe 3 (Pericolosità

sismica locale elevata S3): “zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri. In queste aree la realizzazione e la previsione di nuovi interventi sono condizionati agli esiti delle necessarie verifiche geologiche, indagini geotecniche e geofisiche da effettuare in relazione alla tipologia degli interventi ammessi, in riferimento alle particolari condizioni fisiche e geomorfologiche del contesto fisico in cui si inseriscono. Tali verifiche dovranno riguardare le effettive condizioni di stabilità dell'intervento, anche in condizioni dinamiche, prima e dopo la realizzazione di eventuali interventi di messa in sicurezza e dovranno dimostrare che non determineranno aggravio dei processi geomorfologici presenti nell'area”.

Prescrizioni: “per queste aree il Piano Operativo individuerà le necessarie verifiche geologiche e indagini geotecniche e geofisiche da effettuare in relazione alla tipologia degli interventi ammessi, in riferimento alle particolari condizioni fisiche e geomorfologiche del contesto in cui si inseriscono, coerentemente con quanto indicato al punto 3.5 delle Direttive per le indagini geologico tecniche di cui all'allegato A al DPGR 53/R/11. Tali verifiche dovranno riguardare, in particolare, la corretta definizione dell'azione sismica, la definizione degli spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti ed essere tarate mediante indagini geognostiche dirette”.

Pericolosità idraulica

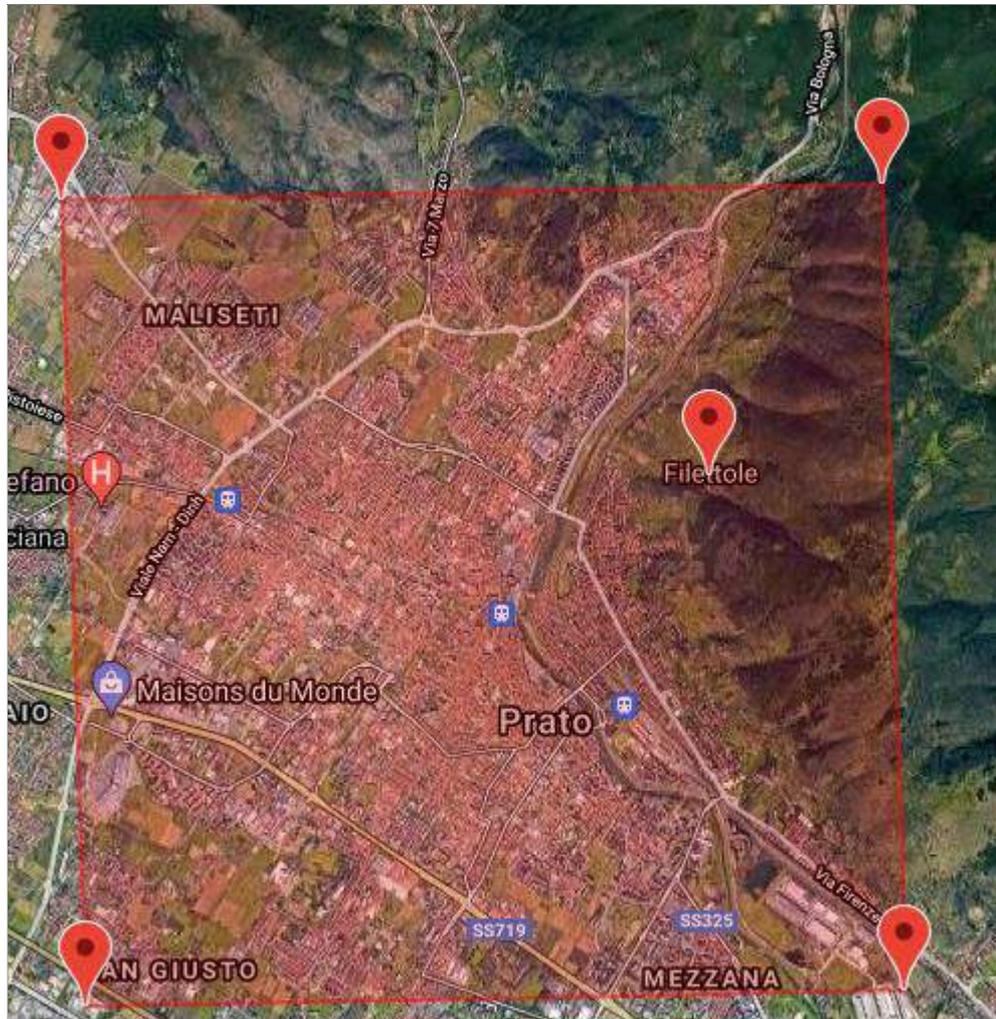
In rapporto alle questioni idrauliche, il PS colloca i terreni esaminati in Pericolosità Idraulica bassa (I1): “aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono poste in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a due metri rispetto alla quota del piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda”.

Prescrizioni: “per queste zone, in sede di formazione del Piano Operativo, non sarà necessario stabilire particolari condizioni di fattibilità per gli interventi previsti”.

Parametri sismici

(DomuSismi v1.0 - Parametri sismici da mappe)



Dati

Latitudine (WGS84) :	43,8929
Longitudine (WGS84) :	11,1162
Latitudine (EDU50) :	43,8945
Longitudine (EDU50) :	11,1169
Anni :	50
Classe d'uso :	II - Affollamenti normali
Categoria sottosuolo :	A
categoria topografica :	T2 sommità del pendio

Coefficiente stratigrafico :	1,000
Coefficiente topografico :	1,200

Vicini nella griglia

id	Longitude	Latitude	Ag	F0	T*C
19390	11,061	43,910	0,513	2,510	0,250
19391	11,131	43,911	0,522	2,510	0,250
19613	11,133	43,861	0,489	2,530	0,250
19612	11,063	43,860	0,480	2,530	0,250

Stato limite : SLO - operatività

Tempo di ritorno(anni) :	30
Ag :	0,506
Ag/g :	0,052
F0 :	2,518
T*C(sec) :	0,250

Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,200
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,012
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,006

Coefficiente sismico per muri di sostegno

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,200
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,012
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,006

Stato limite : SLD - danno

Tempo di ritorno(anni) :	50
Ag :	0,616
Ag/g :	0,063
F0 :	2,542
T*C(sec) :	0,270

Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,200
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,015
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,008

Coefficiente sismico per muri di sostegno

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,200
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,015
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,008

Stato limite : SLV - vita

Tempo di ritorno(anni) :	475
Ag :	1,456
Ag/g :	0,149
F0 :	2,418
T*C(sec) :	0,300

Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,270
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,048
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,024

Coefficiente sismico per muri di sostegno

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,290
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,052
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,026

Stato limite : SLC - collasso

Tempo di ritorno(anni) :	975
Ag :	1,855
Ag/g :	0,189
F0 :	2,395
T*C(sec) :	0,310

Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,270
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,061
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,031

Coefficiente sismico per muri di sostegno

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,290
Coefficiente sismico orizzontale Kh :	0,066
Coefficiente sismico verticale Kv :	0,033

Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio nazionale ha introdotto normative tecniche specifiche per gli interventi sul territorio in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro

zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Qui sotto è riportata la zona sismica per il territorio di Prato, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la DGRT 878 del 8/10/2012 e la DGRT 421 del 26/5/14.

Comune di Prato - Zona sismica 3: Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

Il regolamento 58/r , art. 2, suddivide la zona 3 in ulteriori 3 fasce:

- a) fascia A, contraddistinta da valori di $a_g > 0.15 g$;
- b) fascia B, contraddistinta da valori di $0.125 < a_g < 0.15g$;
- c) fascia C, contraddistinta da valori di $a_g < 0.125g$

Sulla base dei parametri sismici ottenuti mediante l'utilizzo dell'accreditato software DOMUSISMI riteniamo che l'area in esame possa essere riferita alla fascia B.

Rischio sismico (Regione Toscana)

Dal punto di vista sismico, il Comune di Prato è classificato in Zona 3.

La Regione Toscana ha recentemente introdotto una valutazione del rischio sismico propedeutica all'approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, con l'entrata in vigore dall'Aprile 2020 del, in attuazione dell'art. 104 della LR 65 del 2014.

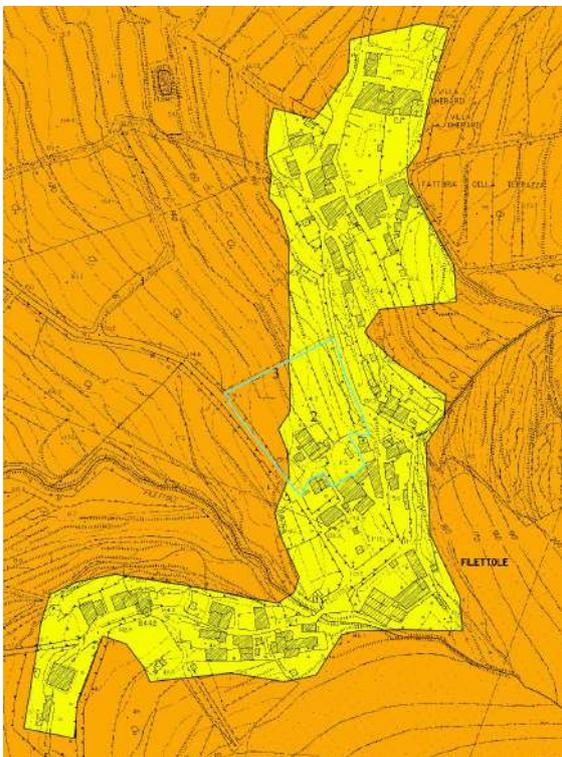
L'approccio è fondato su una metodologia basata sulla pericolosità sismica e sulla valutazione speditiva e sintetica della vulnerabilità e dell'esposizione sismica su ciascuna sezione del censimento ISTAT. In questo contesto il Comune di Prato è inserito in Classe di Rischio 4.

Qui di seguito si riportano gli stralci delle quattro carte relativamente all'area di interesse.

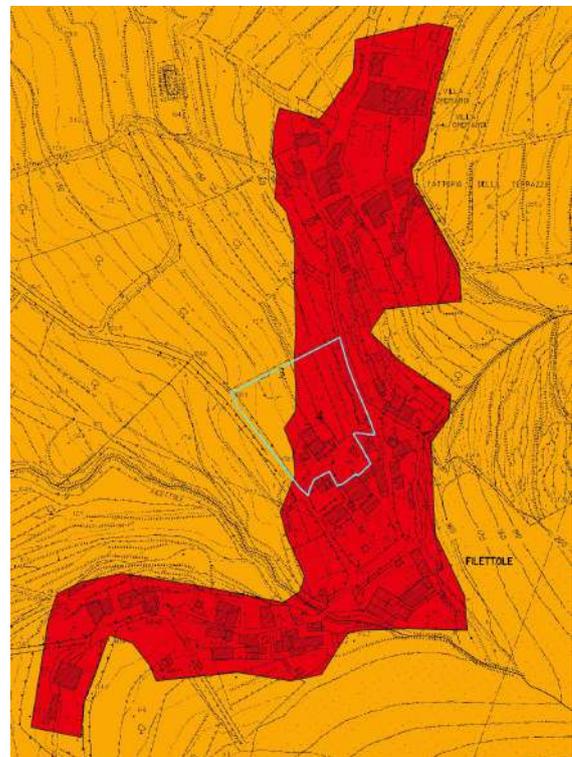
La legenda è la stessa per tutte le carte:

- ✓  1 - Bassa
- ✓  2 - Medio Bassa
- ✓  3 - Medio Alta
- ✓  4 - Alta

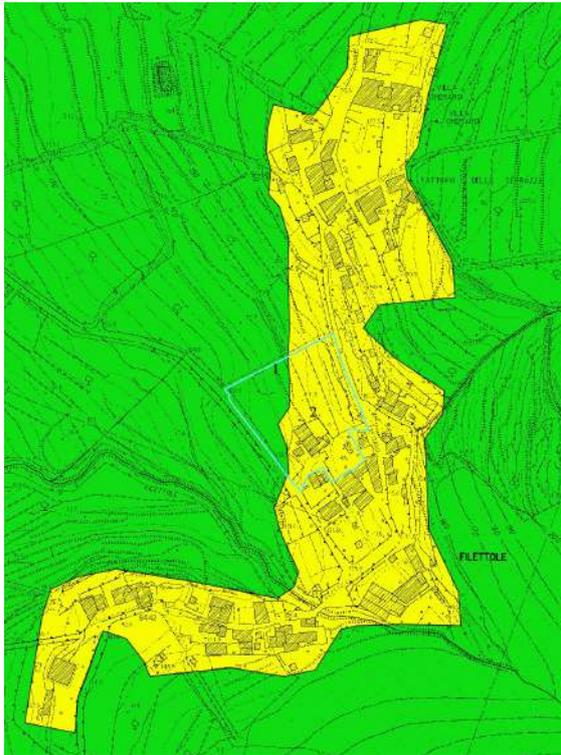
Pericolosità



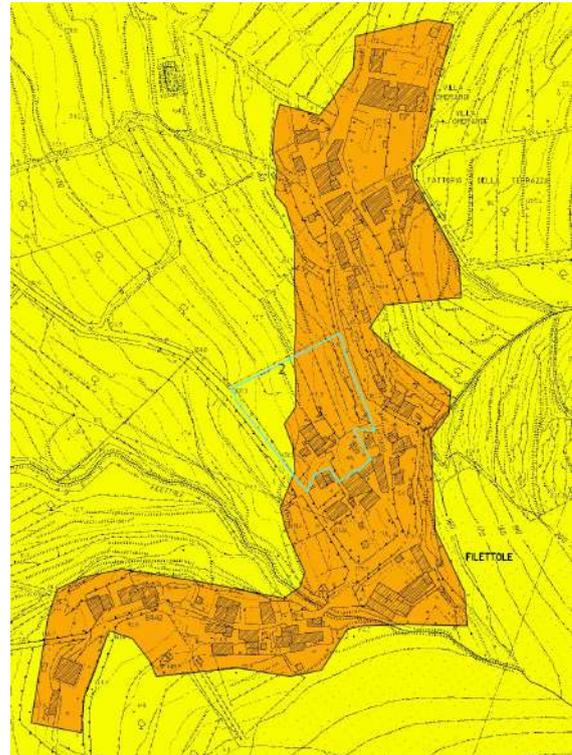
Vulnerabilità



Esposizione



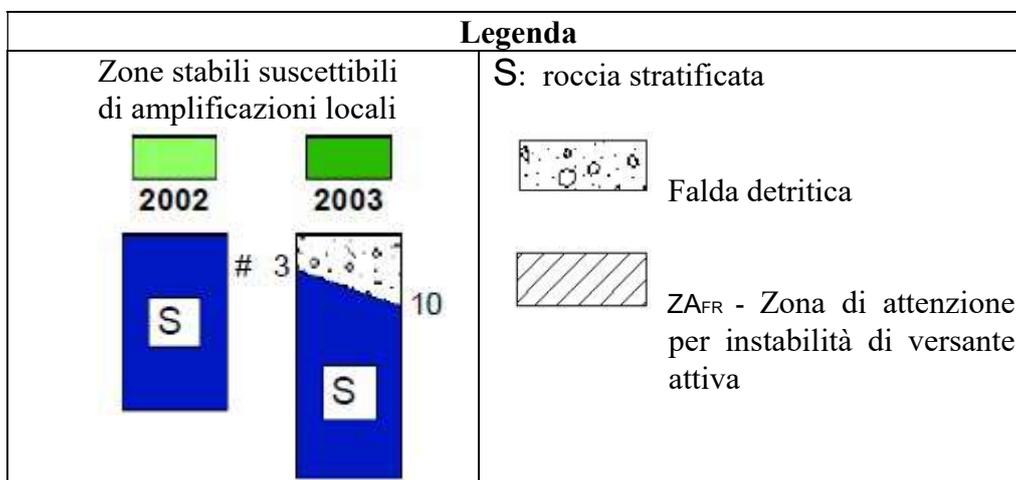
Rischio

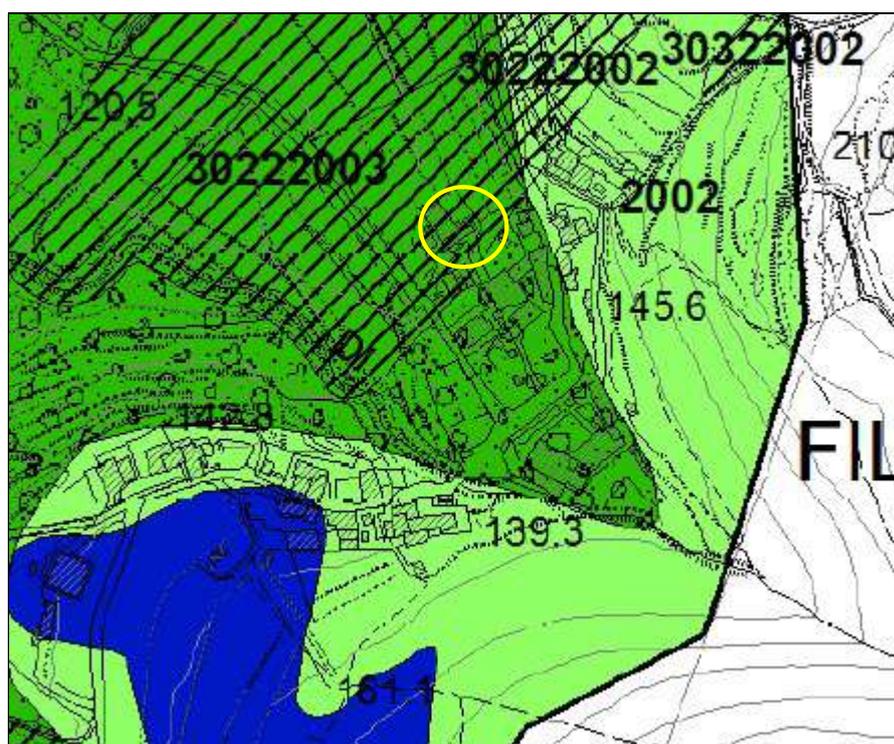


La Regione chiama poi i comuni a predisporre azioni mirate ad approfondire ed affinare la conoscenza della pericolosità sismica locale (ad es. con studi di microzonazione) nonché quella di vulnerabilità ed esposizione.

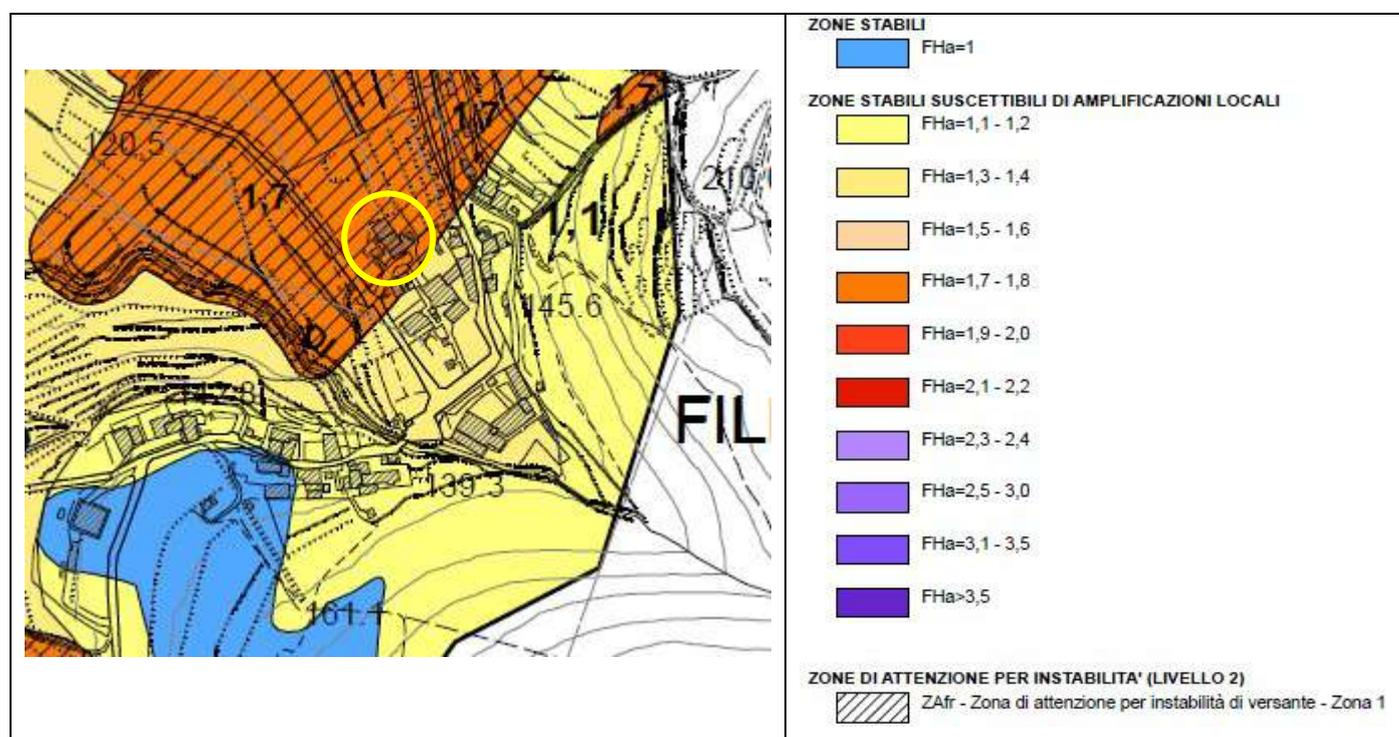
Il Comune di Prato ha eseguito studi di microzonazione sismica di Livello 1 e 2, dei quali riportiamo qui alcuni stralci delle cartografie prodotte e ai quali occorre fare riferimento congiuntamente alla pericolosità di base.

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)





**Carta di microzonazione sismica
Fattore di Amplificazione Massimo**



Anche in considerazione di quanto scaturito da queste mappe è stato deciso di investigare approfonditamente il sottosuolo del sito dal punto sismico attraverso adeguate indagini (vedi campagna geognostica e indagini geofisiche nei prossimi paragrafi).

Inquadramento geologico

Le informazioni di questo paragrafo sono tratte dalle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia.

L'area in esame appartiene all'Unità Tettonica Morello. Questa Unità è costituita principalmente da una successione stratigrafica (Successione della Calvana) alla quale si associano lembi ofiolitici con relativa copertura sedimentaria. In letteratura l'insieme di queste successioni è noto come "Supergruppo della Calvana". Si tratta di una successione ligure depostasi tra il Cretaceo superiore e l'Eocene inferiore-medio. Nelle aree tipo essa è caratterizzata da una porzione inferiore a dominante pelitica (Formazione di Sillano) nella quale in determinate aree si intercala un potente e articolato corpo arenaceo (Pietraforte), e da una parte superiore costituita da torbiditi prevalentemente carbonatiche (Formazione di Monte Morello). Nell'area di Prato la Pietraforte risulta scarsa o assente.

Nell'area studiata e nel suo immediato intorno sono presenti esclusivamente la Formazione di Sillano e la Formazione di M. Morello.

Formazione di Sillano (SIL)

Si tratta di una formazione eterogenea a dominante pelitica, costituita da un'alternanza molto irregolare di argilliti e siltiti fissili, arenarie, calcari e calcari marnosi, rare calcareniti. Le argilliti, di colore da grigio scuro a nerastro, marrone, nocciola, ocre e talora rossastre o verdastre, costituiscono di norma la parte preponderante; spesso alle argilliti si intercalano strati da centimetrici fino a metrici di litologie più competenti, soprattutto calcari, calcari marnosi, siltiti e marne. Si tratta di depositi pelagici di piana bacinale con più o meno sporadici apporti torbiditici.

La qualità degli affioramenti è dovunque piuttosto scarsa. La formazione presenta una deformazione pervasiva alla scala dell'affioramento tale da obliterare nella maggior parte dei casi l'originario ordine stratigrafico, visibile solo per spessori modesti e per estensioni laterali trascurabili.

Al tetto si passa alla Formazione di Monte Morello; il passaggio è graduale, con la

comparsa progressiva di calcari e calcari marnosi biancastri e la scomparsa o forte diminuzione degli altri litotipi. L'età risulta compresa tra il Cretacico sup. e l'Eocene inf.

Formazione di Monte Morello(MLL)

Formazione costituita da un'alternanza irregolare di vari litotipi. I più abbondanti sono marne calcaree di colore grigio chiaro, granulose, gradate, con sfaldatura a saponetta e calcari marnosi e calcari di colore biancastro, a frattura concoide (*Alberese*). A questi si associano, in minor misura, arenarie di colore grigio-bruno, generalmente a grana fine, gradate, a composizione calcareo-quarzosa, calcareniti di colore grigio chiaro, compatte, e talvolta argilliti di colore grigio, molto sfaldabili, leggermente marnose, in strati sottili.

I primi due termini sono di gran lunga i più abbondanti. Nei termini calcarei sono presenti talora liste di selce nera. Nella parte basale della formazione spesso è presente una alternanza di pacchi di sottili strati di arenarie e argilliti, e banchi calcareo-marnosi anche decametrici. Si tratta di un deposito torbido di mare profondo. Nell'area del foglio, lo spessore affiorante è di circa 350 m. L'età risulta compresa nell'Eocene inf.-medio.

Osservazioni sull'area di diretto interesse

Analizzando la Carta Geologica Regionale (v. All. 2) si nota che l'area in esame risulta a cavallo tra la F. di Sillano e quella di M. Morello. Il passaggio formazionale, con andamento all'incirca Nord-Sud, viene posto a 6-7 m. dall'estremità orientale del fabbricato di proprietà.

La presenza di spessori detritici di varia entità, tuttavia, non permette di apprezzare bene la posizione di tale passaggio: infatti, nella Carta Geomorfologica Regionale (v. All. 3), tutta la zona risulta interessata da accumuli di detrito di versante e da un accumulo di frana quiescente che si estenderebbe dallo spigolo orientale del fabbricato fino al confine occidentale della proprietà ed oltre. In realtà, all'interno dell'area di proprietà, ma anche esternamente ad essa (soprattutto verso nord, subito a monte della strada per Carteano), sono visibili affioramenti che, per quanto limitati e quindi non cartografabili, testimoniano la prossimità del substrato roccioso alla superficie (v. All. 8).

Molto spesso gli affioramenti sono visibili alla base dei muri a secco presenti nell'area, facendo pensare che questi ultimi, in fase costruttiva, siano stati appoggiati dove possibile direttamente sulla roccia. Nella documentazione allegata sono indicate anche alcune delle giaciture rilevate (v. All. 9).

I materiali riscontrati negli affioramenti mostrano un'alternanza di rocce qualche volta con caratteristiche tipiche della F. di Sillano (marne e siltiti scagliose, scistose, in straterelli centimetrici, grigie con alterazioni ocracee), qualche altra con peculiarità più simili a quelle della F. di M. Morello. Queste alternanze, allineate in affioramento secondo un andamento all'incirca NW – SE, hanno portato a pensare che l'area interessata dagli affioramenti ricada quindi, in realtà, nella citata fascia di transizione tra le due formazioni.

Le giaciture rilevate indicano, laddove misurabili con una certa attendibilità, inclinazioni blande con immersioni a franapoggio, talora sub-orizzontali. Le giaciture rilevate alla base dei muretti concordano molto bene con l'orientamento del versante, che sembra seguire lo stesso andamento della stratificazione.

La presenza degli affioramenti personalmente riscontrati sul posto ci portano a ritenere possibile uno spessore detritico modesto (inferiore ai 3 m) almeno in tutta la porzione settentrionale ed orientale dei terreni di proprietà. Nelle foto dei punti 2 e 3 si osservano litologie spiccatamente calcaree, compatte (tipiche della F. di M. Morello) alla base dei muri a secco nella parte più settentrionale, mentre in quelle dei punti 9 e 11, riprese negli interni del fabbricato, una fitta stratificazione e scistosità denotano maggiori somiglianze con i termini più consistenti della F. di Sillano.

Nelle mappe in allegato sono stati mostrati solo alcuni dei più affidabili affioramenti presenti nell'area, peraltro coperta da una fitta vegetazione. A conforto della stabilità dell'area indagata inoltre c'è la totale assenza di indicatori di instabilità, quali lesioni sul fabbricato, spancature o collassi dei muri a secco, crepe nel terreno, ecc.

Affioramento punto 2 (calcari marnosi)



Affioramento punto 3 (calcari marnosi)



Affioramento punto 9 (scisti marnosi)



Affioramento punto 11 (siltiti e marne)



Considerazioni geomorfologiche ed idrogeologiche

Come già illustrato nel paragrafo precedente, l'area in esame è posta nei pressi del passaggio di due formazioni geologiche caratterizzate da litologie differenti. La F. di M. Morello, più resistente all'azione erosiva degli agenti esterni, presenta in generale una maggior acclività rispetto alla F. di Sillano, costituita da rocce tenere. Macroscopicamente tale passaggio è testimoniato, tra l'altro, anche da una rottura di pendio presente tra la zona a monte dell'abitato di Filettole e quella a valle.

La proprietà, compresa tra Via del Palco e Via di Carteano, è posta a una distanza media di circa 55 m dall'asse del Rio di Filettole, un torrente a regime stagionale che, partendo dai Monti della Calvana, corre in direzione pressoché rettilinea fino al F. Bisenzio, formando anche una piccola conoide alluvionale. La Carta Geologica Regionale indica una faglia normale (incerta) in posizione sub parallela al torrente.

La proprietà è impostata su un'area terrazzata con quote comprese tra i 130 e i 150 metri s.l.m.; il fabbricato, fondato su più livelli che seguono il pendio, è posto ad una quota media di 140 m. s.l.m. La cartografia comunale indica per questa zona un'acclività media compresa tra il 20% e il 35%.

La Carta Geomorfologica Regionale (v. All. 3) indica che la maggior parte della proprietà è interessata da un corpo di frana di scorrimento, in stato quiescente. Il corpo di frana si estenderebbe all'incirca da Via della Terrazza fino al letto del T. di Filettole. La Carta Geomorfologica Comunale (v. All. 5) ridimensiona notevolmente l'area di interesse della frana, mostrandone lo sviluppo soprattutto nella fascia compresa tra Via del Palco e il

torrente, oltre a una porzione corrispondente ai terreni oggetto del presente studio. Oltre a questo, la carta del PS comunale classifica il corpo di frana come “frana inattiva stabilizzata”. Proprio in questi terreni, come già esposto, sono stati ritrovati vari piccoli affioramenti che porterebbero a pensare che l’intera area a monte della strada non rientri all’interno del corpo di frana descritto (v. paragrafo successivo).

Per quanto concerne l’idrogeologia dell’area, i terreni superficiali, composti da detrito di versante, si presentano come una miscela argilloso-siltosa sabbiosa ricca di clasti provenienti dalle citate formazioni litoidi. Questi materiali, nel loro insieme, presentano una permeabilità primaria media, intermedia tra la permeabilità secondaria alta della F. di M. Morello e quella medio-bassa della F. di Sillano.

Dal punto di vista idrogeologico, l’area a monte dell’abitato di Filettole, di natura calcareo marnosa, è in generale interessata da notevoli fenomeni carsici.

La cartografia ufficiale non riporta l’esistenza falde superficiali né indica la presenza di pozzi per acqua in tutto l’abitato.

Illustrazione del programma di indagini

Come già accennato, nell’area di interesse, oltre ad un accurato rilievo geologico, è stata programmata un’indagine sismica e l’esecuzione di alcune prove penetrometriche al fine di valutare non solo la natura dei terreni, ma anche la loro geometria e l’entità delle coperture, ponendo particolare attenzione alla reale profondità del substrato e alle caratteristiche fisiche dei materiali incontrati.

Indagine sismica

In allegato alla presente relazione può essere consultato il rapporto dell’indagine sismica eseguita, al quale si rimanda per una lettura delle metodologie e delle attrezzature utilizzate.

L’indagine ha compreso l’esecuzione di due profili tra loro ortogonali, orientati secondo i lati del fabbricato in esame.

Si ricorda che nelle sezioni tomografiche mostrate, si ha sempre a sinistra il geofono n.1, quindi nel caso del profilo 1 la sezione è vista da monte verso valle.

Nelle sezioni tomografiche sono indicate le curve di uguale velocità sismica. Il passaggio tra roccia e terreno sciolto per le onde P rientra nell’intervallo tra gli 800 e i 1200

m/s, a seconda delle condizioni di “debolezza”, alterazione o fratturazione della roccia. Per le onde SH le velocità sono comprese tra i 500 e i 700 m/s.

Lo stendimento n. 1, sub parallelo alle isoipse del versante, mostra un andamento ondulato, mediamente sub orizzontale, della superficie del substrato. Da notare la risalita del substrato verso la superficie in corrispondenza dei geofoni 7 e 8, in buon accordo con gli affioramenti rocciosi riscontrati all’interno del fabbricato (v. anche “Ubicazione dei punti di affioramento”, in allegato).

All’inizio e alla fine delle sezioni sismiche della linea 1 il substrato tende ad approfondirsi fino alla profondità di circa 4 – 5 m, mentre nella porzione centrale tale profondità si attesta a valori nettamente inferiori ai 2 – 3 m.

La linea sismica 2, perpendicolare alla prima e orientata all’incirca secondo la linea di massima pendenza, mostra un substrato inclinato con un andamento sub parallelo al versante e profondità comprese tra 0 e 3 m. I punti di maggiore spessore della copertura detritica corrispondono sempre alle aree a tergo dei muri di contenimento che formano il terrazzamento del pendio.

Per finire l’analisi MASW, eseguita in corrispondenza della linea 1, ha permesso la ricostruzione del modello sismo stratigrafico, confermando quanto scaturito dalla tomografia e consentendo la stima del Vs equivalente intorno a 259 m/s considerando come riferimento il piano campagna. Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo A secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II.

Prove penetrometriche

Al fine di “tarare” le risultanze dell’indagine geofisica e di acquisire dati sulle caratteristiche fisiche dei terreni, sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche, una di tipo statico (CPT) e due di tipo dinamico (DIN). I grafici e le tabelle di queste prove, oltre alle foto e alle ubicazioni, sono consultabili negli allegati.

La prova statica, più adatta per terreni coesivi, permette di acquisire informazioni più dettagliate sui terreni attraversati, ma la delicatezza della punta da utilizzare la rende inadatta per terreni particolarmente duri e/o con grana grossolana.

Visto lo scarso approfondimento della prova CPT1 (220 cm), si è allora optato per la prova dinamica. La prova DIN2, eseguita a pochi metri dalla CPT1, ha comunque raggiunto lo stato di “rifiuto strumentale” a 2.60 m dal pc, confermando la presenza di un substrato

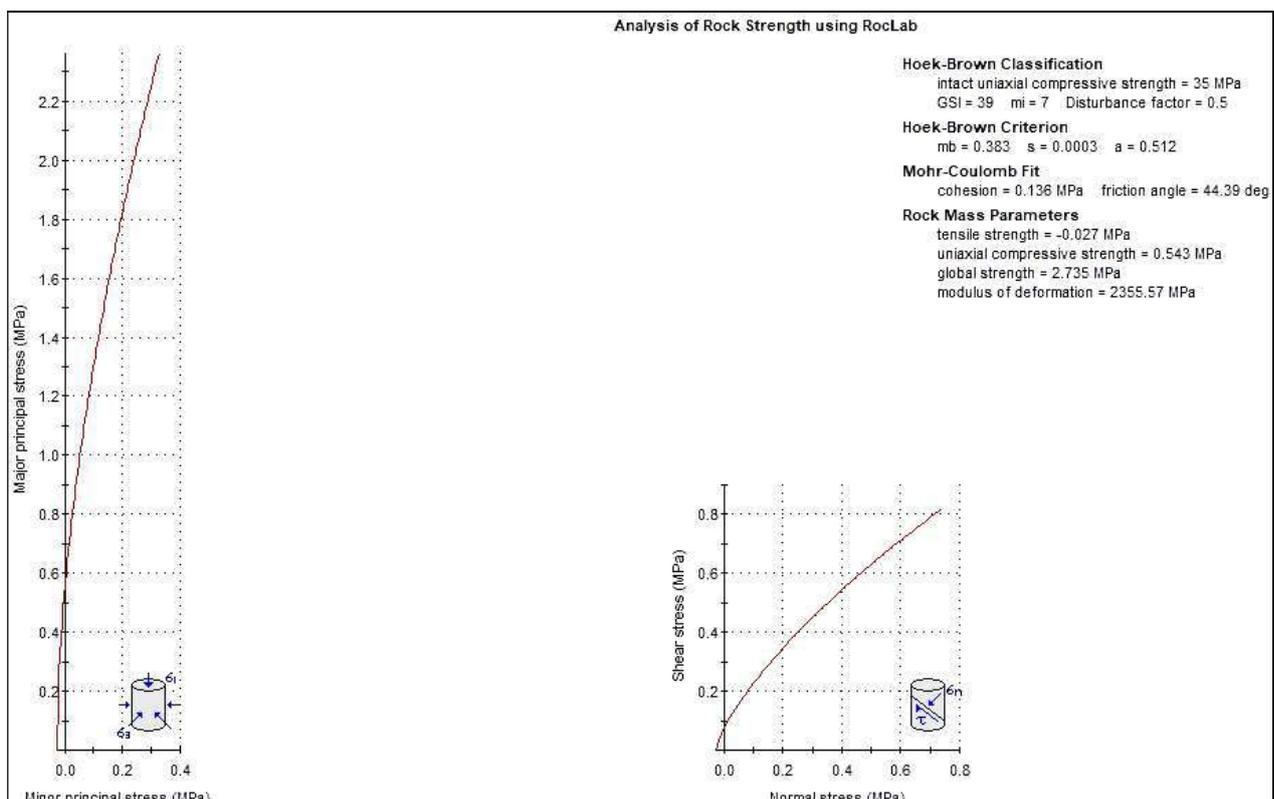
molto resistente, a circa 250 cm dalla superficie.

La prova DIN3, eseguita a circa 5 m a monte del fabbricato, ha confermato la preza del substrato a 160 cm dal pc.

Le tre prove confermano perfettamente quanto scaturito dalle prospezioni sismiche riguardo alla presenza di un substrato roccioso prossimo alla superficie topografica.

Classificazione di Hoek-Brown

Per la caratterizzazione meccanica del substrato, durante la ricognizione sono state fatte osservazioni sugli affioramenti riscontrati all'esterno e anche all'interno del fabbricato, al fine di procedere con la loro classificazione generale sulla base del cosiddetto Criterio di Hoek & Brown. Qui di seguito si riporta la scheda riassuntiva della classificazione (software Roclab).



Nella scheda le sigle presenti hanno il seguente significato:

- *GSI (Geological Strength Index)*: parametro dipendente dalle condizioni delle superfici delle discontinuità in funzione della composizione e della struttura della roccia;

- m_i (*Material constant*): costante dipendente dalla tipologia litologica e dal tipo di tessitura;
- D (*Disturbance factor*): fattore di riduzione legato al grado di “disturbo” della roccia e al suo “rilassamento”;
- m_b : valore di m_i ridotto in base alla formula:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)$$

- s , a : costanti legate alla qualità dell’ammasso roccioso calcolate attraverso le relazioni:

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

Modello geologico

Dopo la copertura di terreni vegetali coltivati e rimaneggiati, la copertura detritica presente nel sito in esame mostra una composizione molto eterogenea caratterizzata sostanzialmente da materiali grossolani prevalenti (granulometricamente ghiaie e blocchetti a spigoli vivi), miscelati con terreni sabbiosi. Subordinatamente sono presenti anche materiali fini o finissimi, non trascurabili. A partire da circa un metro di profondità si nota un aumento di consistenza e compattazione, senza sostanziali cambiamenti dal punto di vista dei materiali presenti.

Lo spessore complessivo della copertura, al di sotto del fabbricato oggetto dell’intervento e nel suo intorno, varia da 0 a un massimo di 3.0 m. Potenze della copertura di poco maggiori ai 3 m sono state evidenziate dalla tomografia sismica solo presso il confine sud orientale della proprietà e a tergo del muro che costeggia Via del Palco.

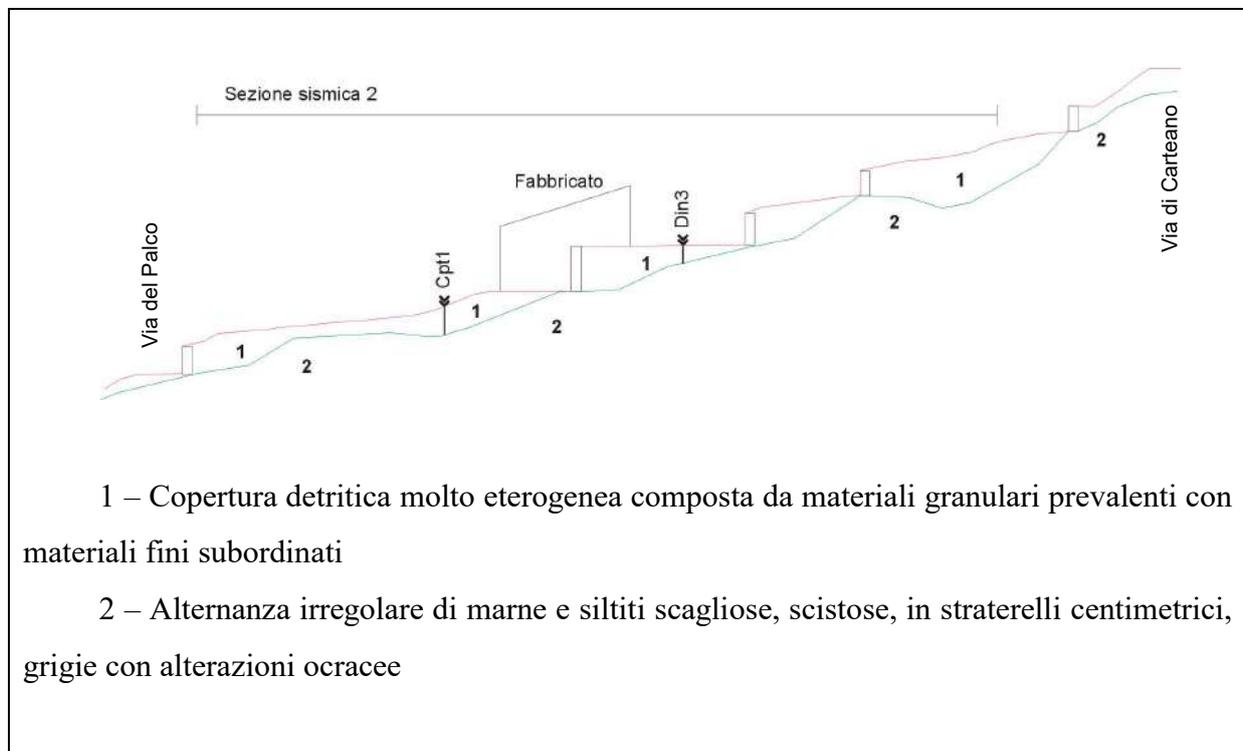
Essendo la zona ampiamente terrazzata, come intuibile i maggiori spessori detritici riscontrati sono posizionati sempre a tergo dei muri, spesso costruiti a secco, soprattutto quando lontani dagli edifici.

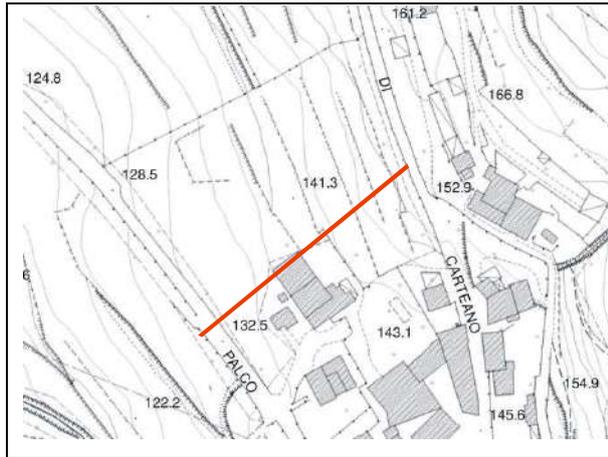
Sotto la copertura compare la fase lapidea, composta da litologie calcareo marnose e siltitiche, generalmente in strati sottili disposti a franapoggio con inclinazione paragonabile a quella del pendio. Nell'intorno del fabbricato e all'interno dello stesso gli affioramenti presentano caratteristiche piuttosto costanti sia dal punto di vista giaciturale che da quello litologico.

Facendo riferimento alla sezione schematica qua sotto, riassumiamo per le due litologie riscontrate i valori medi per alcuni parametri geotecnici:

Litologia	Descrizione	φ°	c' (MPa)	C_u (MPa)	s_{csi} (MPa)	GSI	mi	D
1	Copertura detritica sciolta	34°	-	0.221	-	-	-	-
2	Substrato lapideo (weak rocks)	44°	0.136	-	35	39	7	0.5

SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA





Traccia di sezione per la sezione geologica e per il profilo di stabilità

Verifica della stabilità del versante

Per la verifica di stabilità, condotta mediante l'uso del noto programma di calcolo SSAP nella versione più recente (release 5.0.2c, 2021), è stato utilizzato lo stesso profilo della sezione geologica interpretativa riportata nel paragrafo precedente.

I dati utilizzati sono stati tratti dalle prove penetrometriche e dai risultati della classificazione di Hoek & Brown. Nei calcoli sono stati considerati i coefficienti correttivi previsti dalle NTC 2018 e la verifica è stata condotta in condizioni sismiche.

Come consigliato dal manuale di SSAP, i muretti dei terrazzamenti sono stati considerati alla stregua di limitati ammassi rocciosi frantumati, caratterizzati da valori cautelativi dei parametri individuati dal metodo di Hoek & Brown.

Ciascun muro è stato esaminato e classificato relativamente al suo attuale stato di conservazione. Nella tabella seguente sono riportati i valori utilizzati. I muri, come nelle sezioni di stabilità in allegato, sono qui individuati con i numeri da 3 a 7.

Muro	scsi (MPa)	GS I	mi	D
3 (Via del Palco)	35	20	7	0.5
4 (interno al fabbricato)	35	30	7	0
5	15	25	7	0.7
6	3	25	6	0.7
7 (presso Via di Carteano)	3	25	6	0.7

Tutti i dati utilizzati sono consultabili nel “Report elaborazione Stabilità del Versante” inserito interamente in allegato.

Nell’ambito delle elaborazioni si è osservato che, sotto l’azione sismica, venivano a generarsi molte superfici di instabilità, concentrate essenzialmente in corrispondenza dei muretti n. 6, n. 7 e, in misura minore, nel n. 5. Per cercare di focalizzare soprattutto l’area del fabbricato in oggetto si è provveduto allora a limitare la porzione di versante esaminata, allo scopo di “filtrare” i risultati. Per fare questo si è eseguita un’analisi su tutto il pendio registrando tutte le superfici con $FS < 1$, il cui risultato è riportato nel Plot 1 (v. all. 13), dove si nota che le aree di instabilità sono concentrate tutte in corrispondenza del muretto 7.

Allo stesso modo si è ripetuta l’analisi registrando, questa volta, tutte le superfici con $1 < FS < 1.2$ (vedi Plot 2). In questo caso si nota che le superfici sono concentrate sui muri 5, 6 e 7.

Infine è stata ripetuta una ulteriore elaborazione questa volta registrando le 10 superfici con peggior FS al di sopra del valore 1.2. Questa volta, come si può vedere nel Plot 3, il fabbricato risulta direttamente interessato.

Il report dell’all. 12 si riferisce a questo ultimo caso, comprovando la stabilità dell’edificio, anche in condizioni sismiche.

Considerazioni finali

Riassumiamo qui di seguito i risultati ottenuti secondo la metodologia di lavoro precedentemente descritta; si raccomanda comunque la lettura degli specifici capitoli per una maggiore e più esaustiva trattazione degli argomenti.

- La presente relazione costituisce lo studio geologico a supporto degli interventi in progetto e si prefigge di dare un inquadramento dell’area di diretto interesse e una base per la programmazione delle fasi successive, relativamente ai calcoli per il progetto esecutivo (Relazione Geotecnica).

- Il presente studio riguarda i terreni direttamente interessati dalla ristrutturazione di un fabbricato destinato a civile abitazione; l’edificio, ubicato in loc. Filettole, in via del Palco n. 257 (Comune di Prato), non presenta aderenze con altri fabbricati e presenta uno sviluppo di due piani fuori terra più uno seminterrato.

- L'area di proprietà oggetto dell'indagine è compresa tra due strade (via del Palco e via di Carteano) ed è posta su un versante a quote da 130 a 150 metri s.l.m. Il fabbricato è situato ad una quota media di 140 m. s.l.m. Le pendenze medie sono comprese tra il 20% e il 35%. Tutta la zona è terrazzata.

- Dal punto di vista geologico l'area si trova all'incirca in corrispondenza del passaggio formazionale tra una formazione calcareo marnosa (F. di M. Morello) e una marnoso - argillitico siltosa (F. di Sillano). Il limite tra le due formazioni è transazionale per alternanza. La copertura superficiale, composta principalmente da detrito di versante, ha uno spessore variabile ma, almeno nella diretta zona d'intervento, risulta certamente inferiore ai 3 metri.

- I terreni detritici presenti nell'area, composti da materiali eterogenei provenienti dalla disgregazione delle rocce incassanti, vengono distinti nelle cartografie ufficiali tra detrito di versante e deposito di frana. L'area d'intervento ricadrebbe, secondo la cartografia regionale, all'interno di una frana quiescente di scivolamento.

- Sempre dalla cartografia comunale, per quanto concerne le classi di pericolosità, si apprende che l'area in oggetto è stata classificata a pericolosità geomorfologica elevata (G3), pericolosità sismica elevata (S3), pericolosità idraulica bassa (I3).

- Per investigare i terreni in oggetto, anche alla luce di quanto evidenziato dalle carte di pericolosità e da quelle della microzonazione sismica, è stata condotta una campagna geofisica eseguendo n. 2 profili sismici analizzati mediante tomografia con onde P ed SH e un'indagine MASW, oltre a 3 prove penetrometriche mirate soprattutto a tarare i dati geofisici e a verificare la reale profondità del substrato roccioso.

- Oltre alle indagini descritte è stato eseguito un accurato rilevamento geologico durante il quale sono stati rinvenuti numerosi piccoli affioramenti che hanno permesso di classificare l'ammasso roccioso e di comprovare la prossimità del substrato alla superficie topografica. L'uniformità litologica degli affioramenti e delle giaciture misurate costituiscono

una ulteriore prova sullo stato “in posto” della roccia.

Prato, Maggio 2021

Dott. Geol. Alessandro Lenzi

*La presente relazione è stata eseguita
in collaborazione con il Dott. Devis Bartolini*



Allegati

Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 2: Carta Geologica regionale

Scala 1:5000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

 Area intervento

Elementi_geologici

Limite_geologico

 contatto stratigrafico e/o litologico - certo

 contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio

 faglia diretta - certo

 faglia diretta - incerto

 faglia diretta - sepolto

Unita_geologica_areale

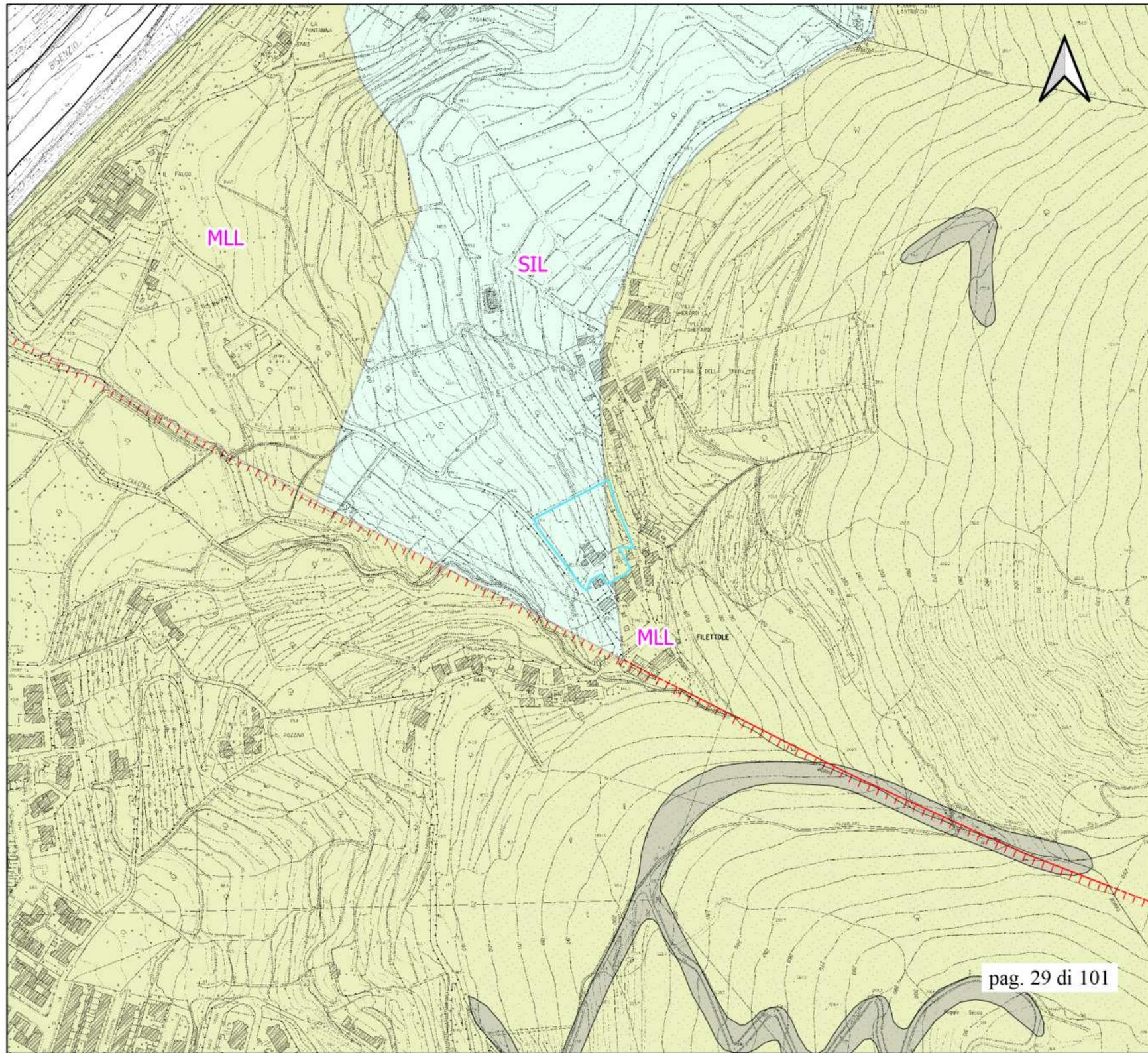
Carta Geologica regionale [46717]

 MLL - Formazione di Monte Morello [510]

 SIL - Formazione di Sillano [1005]

Affioramento_areale

 affioramento significativo



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 3: Carta Geomorfologica Regionale

Scala 1:5000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

-  Area intervento
- Geomorfologia**
- Movimenti di massa**
 - Stato - Movimento
 -  Quiescente - Scorrimento
 -  Stabilizzata/Relitta - Scorrimento
- Forme di Accumulo**
 - Depositi dovuti alle acque correnti superficiali
 -  Conoide alluvionale
- Depositi Superficiali**
 - Depositi di versante dovuti alla gravita'
 -  Deposito di versante



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 4: Cartografia PAI

Scala 1:5000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

Area intervento

Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Rischio Idrogeologico

Classe pericolosità - Stato e tipo movimento

PF2-S1

PF3-S2

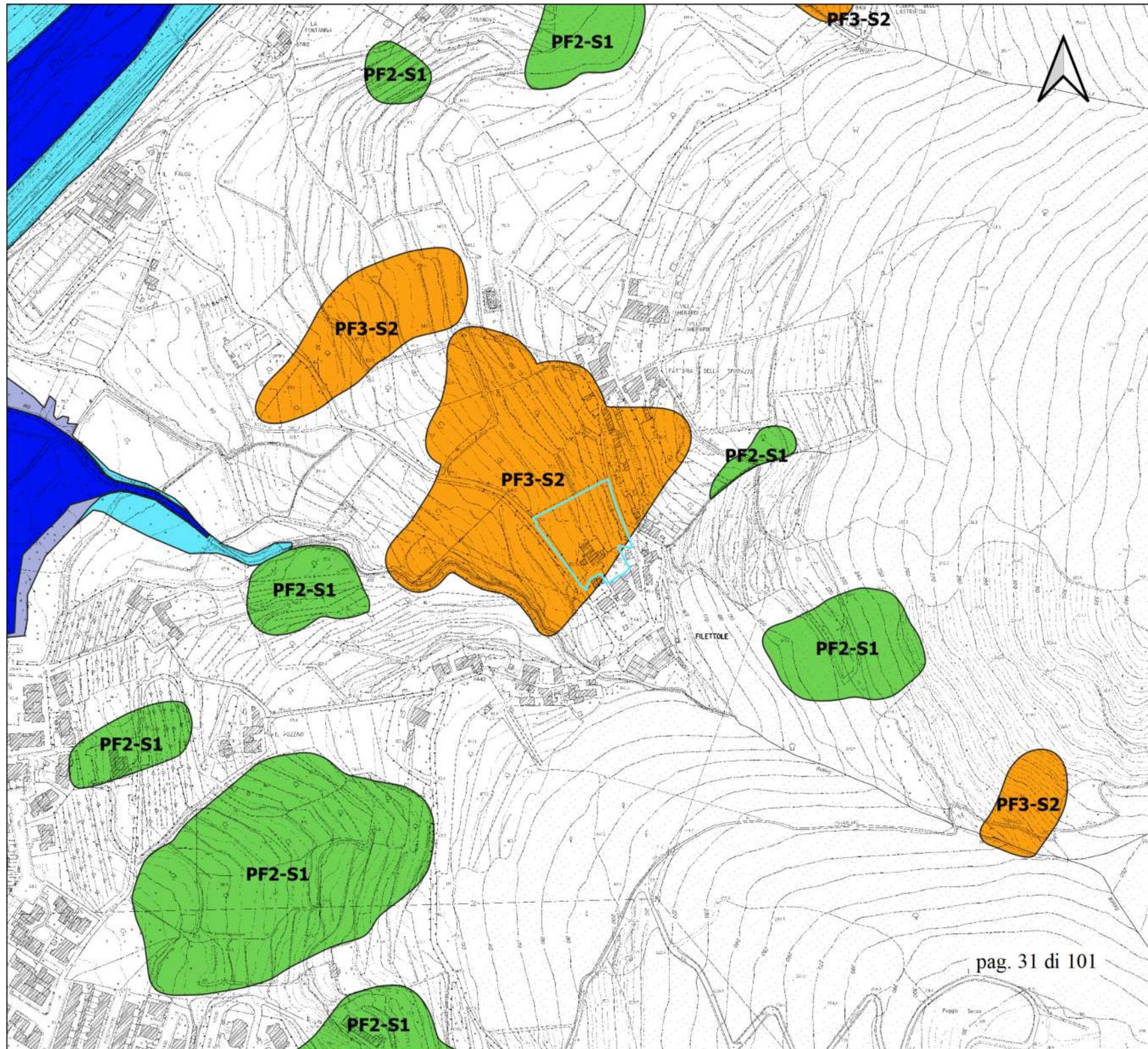
Rischio idraulico

Classe pericolosità

1

2

3



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 5: Piano Strutturale Comune di Prato

Aspetti fisiografici:

Carta Geomorfológica Nord (estratto)

Scala 1:3000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi

Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

 Area intervento

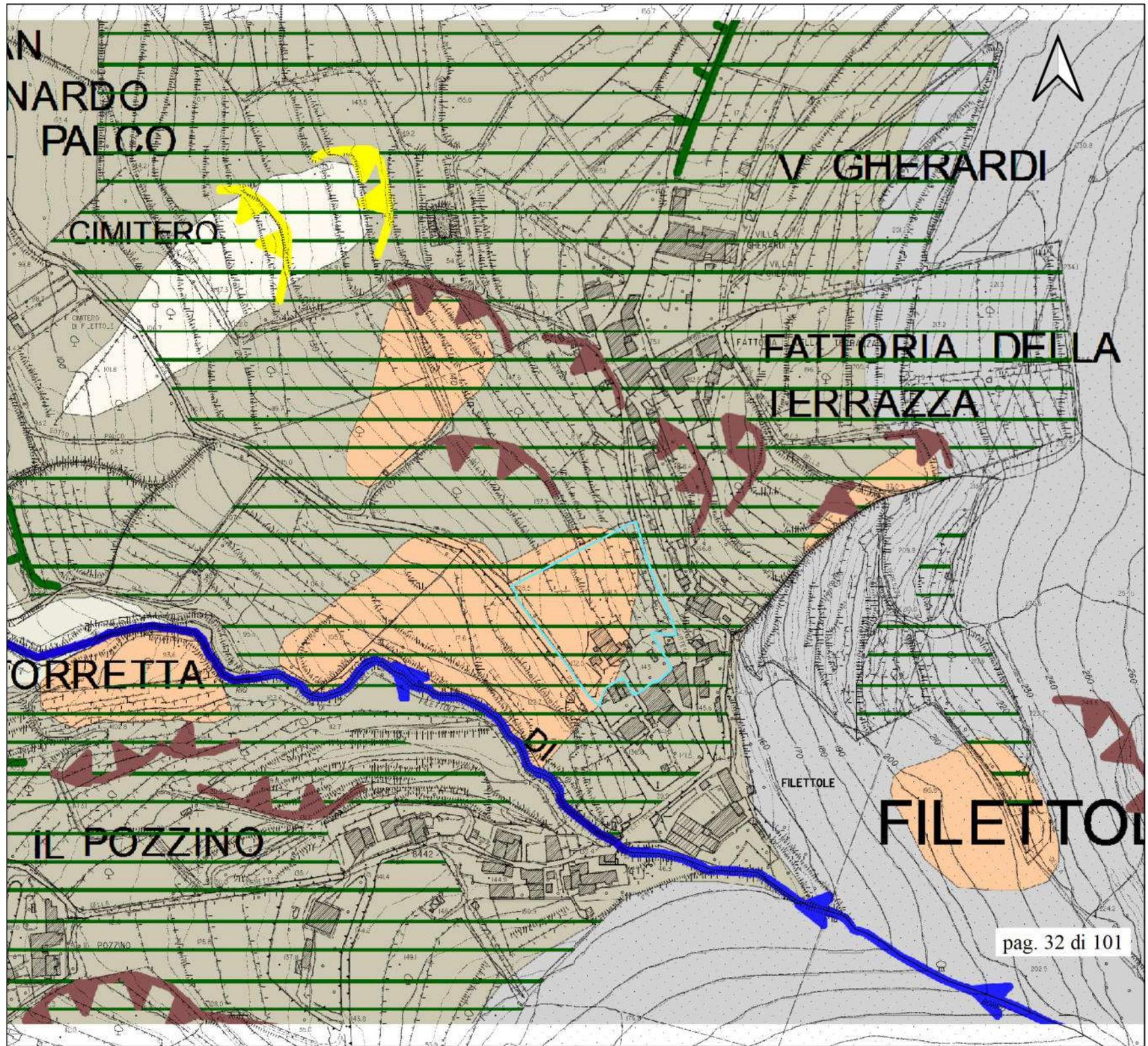
DINAMICHE SUI VERSANTI

Forme di denudazione

-  Nicchia di frana attiva
-  Nicchia di frana quiescente
-  Nicchia di frana inattiva
-  Rottura di pendio
-  Scarpata di degradazione attiva
-  Scarpata di degradazione inattiva
-  Area soggetta a soliflusso

Forme di accumulo

-  Frana attiva di scivolamento
-  Frana attiva di crollo
-  Franamento attivo diffuso
-  Frana quiescente
-  Frana inattiva stabilizzata
-  Detrito di versante
-  Deposito colluviale



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 6: Piano Strutturale Comune di Prato
Aspetti fisiografici: Tavola Af7 Carta della
pericolosità geomorfologica
Scala 1:5000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

 Area intervento

Pericolosità geologica molto elevata (G.4)

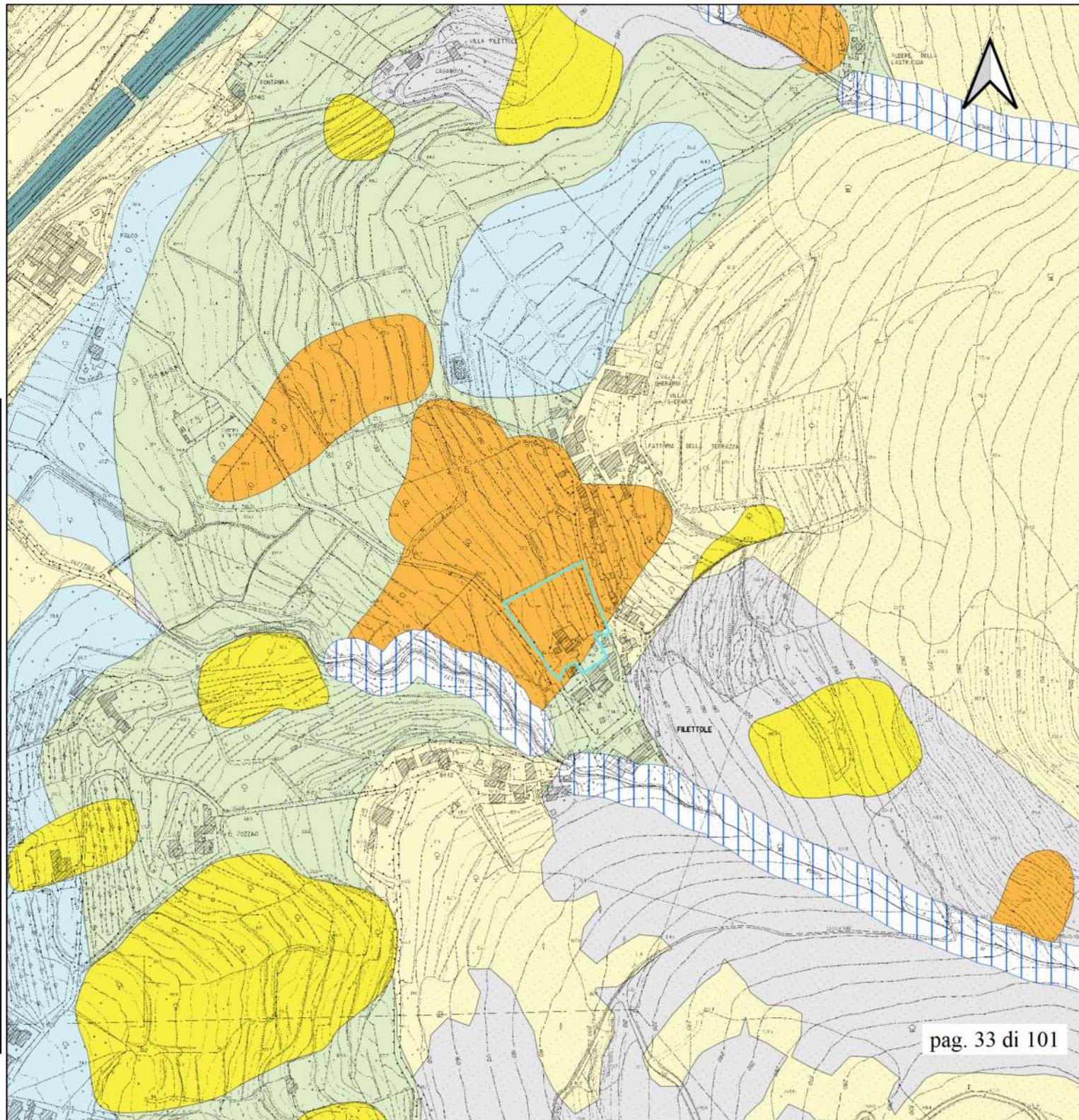
-  Movimenti franosi attivi (frane di collo, di scivolamento, franosità diffusa)
-  Area instabile per soffiamento generalizzato
-  Scarpata morfologica attiva
-  Alveo in forte erosione

Pericolosità geologica elevata (G.3)

-  Movimenti franosi quiescenti
-  Area di potenziale instabilità dovuta alla pendenza del versante, alla litologia ed alla giacitura delle forme litoidi
-  Corpo detritico su versante con pendenza superiore al 25%
-  Area soggetta ad intensi fenomeni erosivi
-  Area di cava abbandonata
-  Area interessata da fenomeni carsici (doline)
-  Zona con elementi antropici a forte impatto (rilevati, dighe, riporti di terreno)

Pericolosità geomorfologica media (G.2)

-  Area interessata da movimenti franosi inattivi e stabilizzati
-  Area interessata da bassa propensione al dissesto in relazione alla pendenza del versante ed alla litologia
-  Corpo detritico su versante con pendenza inferiore al 25%



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 6: Piano Strutturale Comune di Prato
Aspetti fisiografici: Tavola Af8 Carta della
pericolosità sismica locale_53_R_11
Scala 1:3000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

 Area intervento

Pericolosità sismica locale

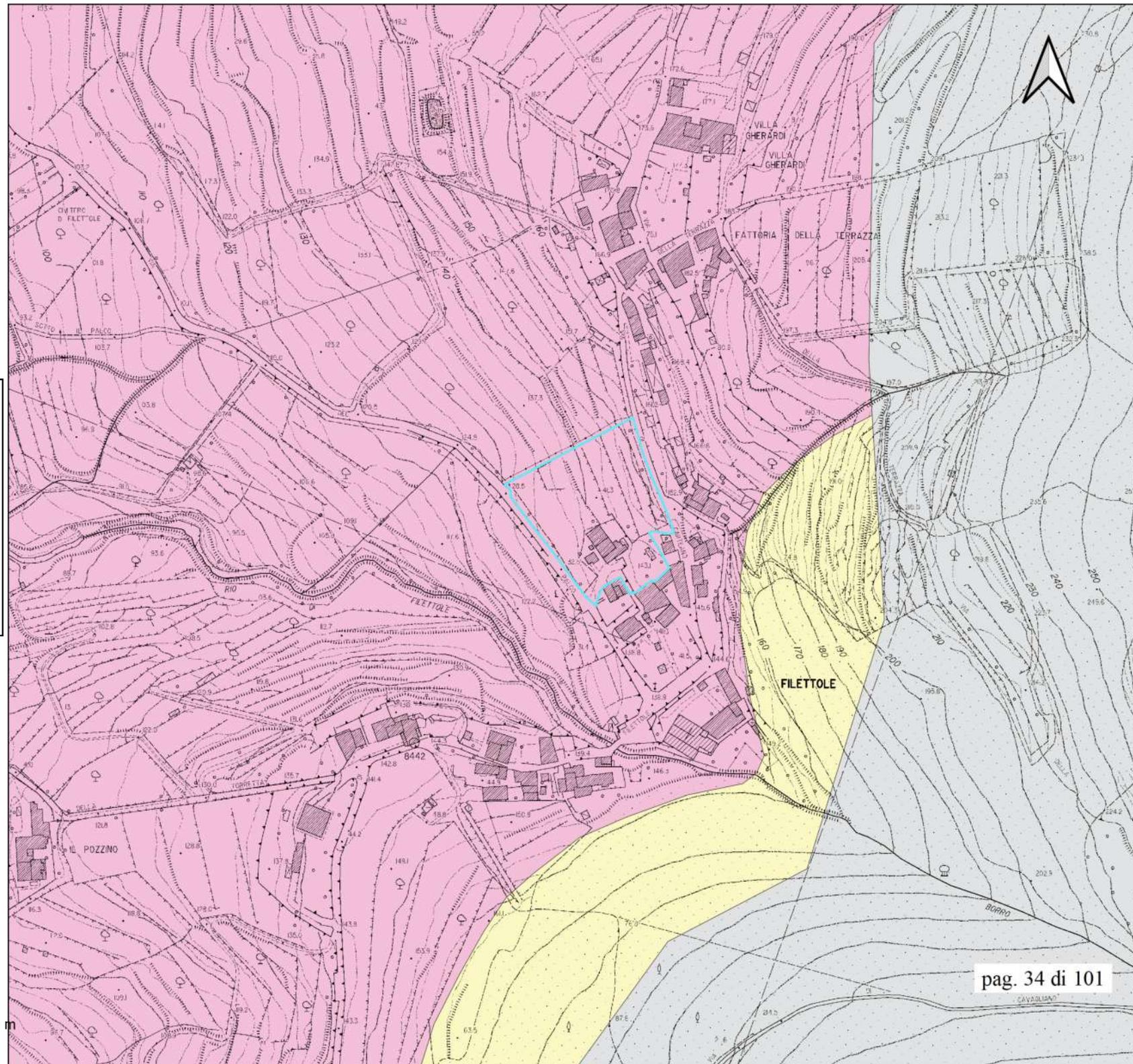
 S.4 Molto elevata

 S.3 Elevata

 S.2 Media

 S.1 Bassa

 Area non interessata dallo studio di Microzonazione Sismica



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All.8: Ubicazione punti di affioramento

Scala 1:1000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

Limite proprietà

 Area intervento

Ubicazione affioramenti

 Al piede di terrazzo

 Al piede del muro di confine

 Disimpegno cantina

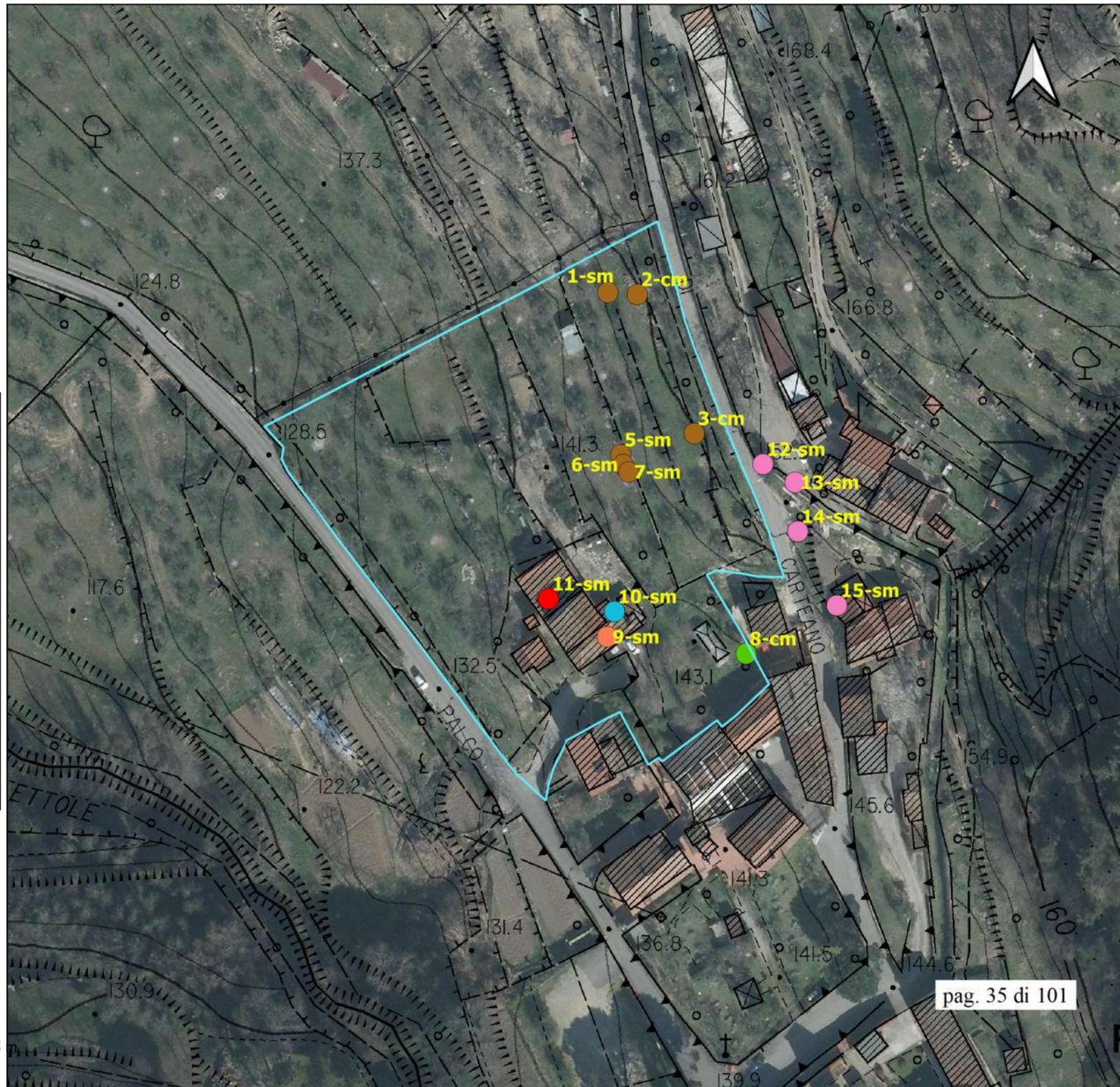
 Cantina

 Ex fienile

 Soprastrada (Via di Carteano)

cm = Marne calcaree, calcari marnosi e calcari subordinati

sm = Siltiti e marne prevalenti



Comune di Prato

Ristrutturazione di edificio residenziale
con annessi agricoli
posto in Prato, via del Palco n. 257

RICHIEDENTE: Sig. Francesco Rosati

RELAZIONE GEOLOGICA

All. 9: Rilievo di campagna

Scala 1:1000

Tecnici:

Dott. Geol. Alessandro Lenzi
Dott. Devis Bartolini

LEGENDA

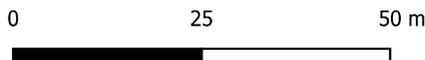
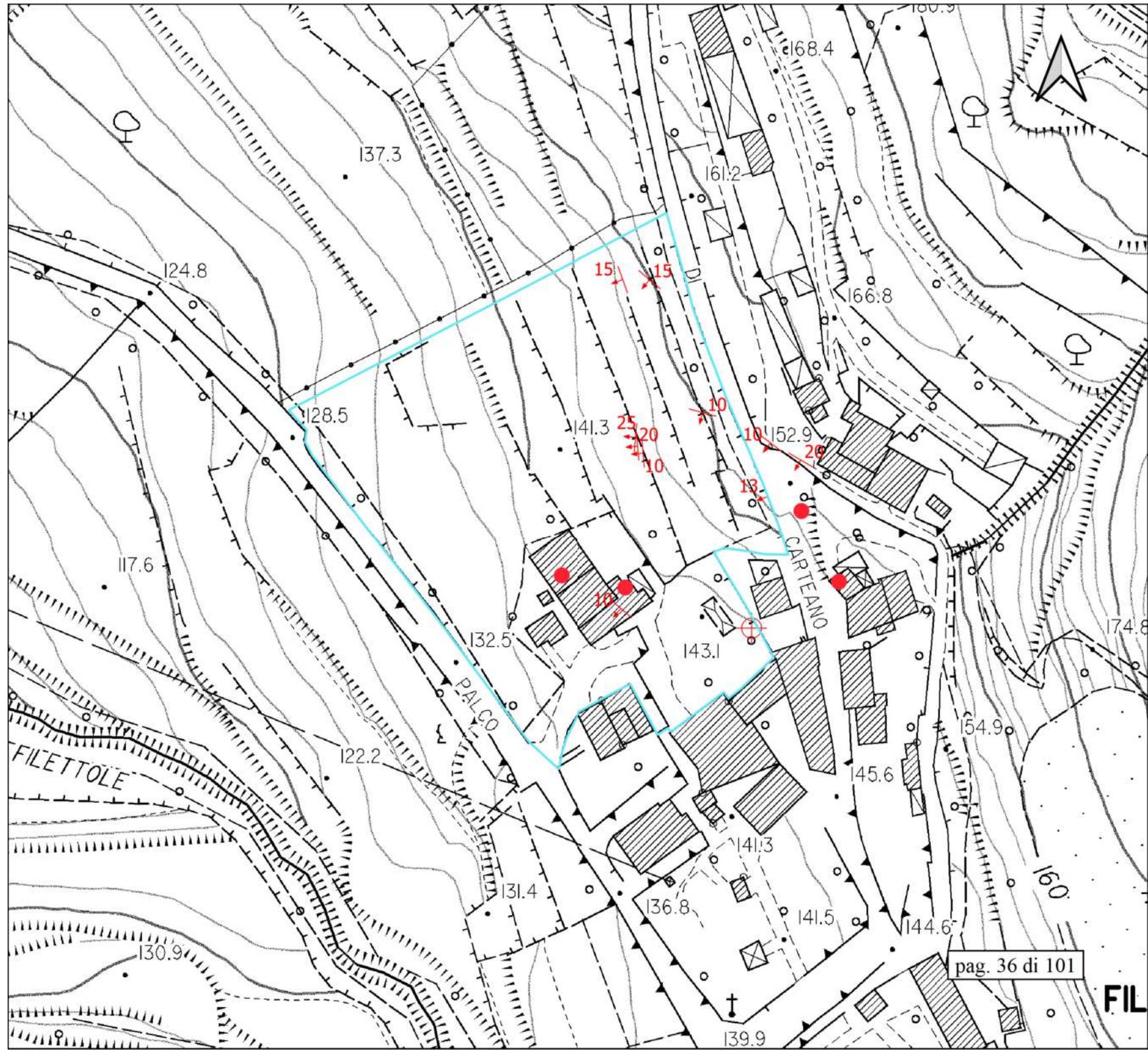
Area intervento

Affioramenti rilevati

Aff. con giaciture di strato,,

Aff. con stratificazione orizzontale

Aff. con giaciture non rilevabili,,



Committente:	Sig. Francesco Rosati		
Rapporto n°:	83-20		
Data:	14/05/2020		
Località:	Via del Palco, 257 – Loc. Filettole – Prato		
Coordinate Prova 1:	Latitudine: 43.892878°	Longitudine: 11.115944°	
Coordinate Prova 2:	Latitudine: 43.892916°	Longitudine: 11.115936°	
Coordinate Prova 3:	Latitudine: 43.892918°	Longitudine: 11.116213°	



P 1 (CPT)



P 2 (DPSH)



P 3 (DPSH)



Ubicazione prove penetrometriche

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	1
Riferimento	083-20

Committente	Dott. Francesco Rosati	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.:	14/05/2020
Cantiere		Pagina	1		
Località	Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato	Elaborato		Falda	

H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	0	0		0,0	1,40	0									
0,40	29	50		29,0	2,67	11	9,2								
0,60	27	67		27,0	4,87	6	18,0								
0,80	147	220		147,0	2,40	61	1,6								
1,00	54	90		54,0	1,80	30	3,2								
1,20	69	96		69,0	4,40	16	6,4								
1,40	72	138		72,0	5,73	13	8,0								
1,60	83	169		83,0	5,07	16	6,1								
1,80	110	186		110,0	6,47	17	5,9								
2,00	85	182		85,0	5,23	16	6,1								
2,20	320	400		320,0											

H = profondità
 L1 = prima lettura (punta)
 L2 = seconda lettura (punta + laterale)
 L = terza lettura (totale)
 CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 0,20 m sopra quota qc
 F = rapporto (Begermann) (qc / fs)
 Rf = rapporto Schnermann (fs / qc)*100

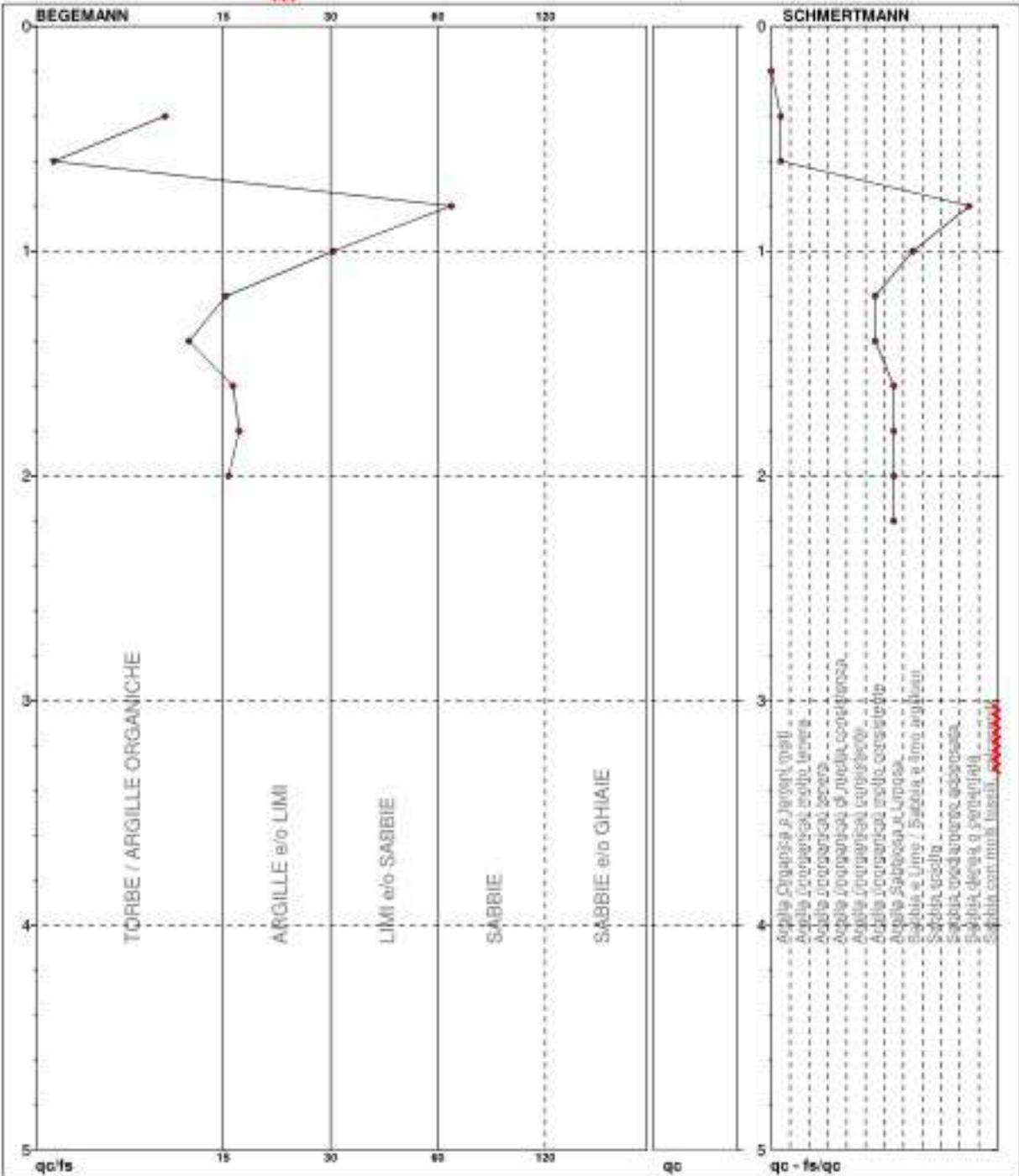
FON130

Software by dott. Geol. Diego Neri tel. +39 0405 949828

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
Riferimento	083-20

Committente	Dott. Francesco Rosati	U.M.	kg/cm ²	Data exec.	14/05/2020
Cantiere		Scala:	1:25		
Località	Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato	Pagina:	1		
		Elaborato	Falda		



• 083-20 [1] : 2,20 m

FOR130

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200Stat - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35,7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo "Begemann" ($\varnothing = 35,7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = SPINTA \text{ (Kg)} / LETTURA \text{ DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale: $R_t \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N = 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N = 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa = 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa = 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² = 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg = 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	F = q_c / f_s	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	$F \leq 15$ kg/cm ²	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 kg/cm ² <	$F \leq 30$ kg/cm ²	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 kg/cm ² <	$F \leq 60$ kg/cm ²	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	$F > 60$ kg/cm ²	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

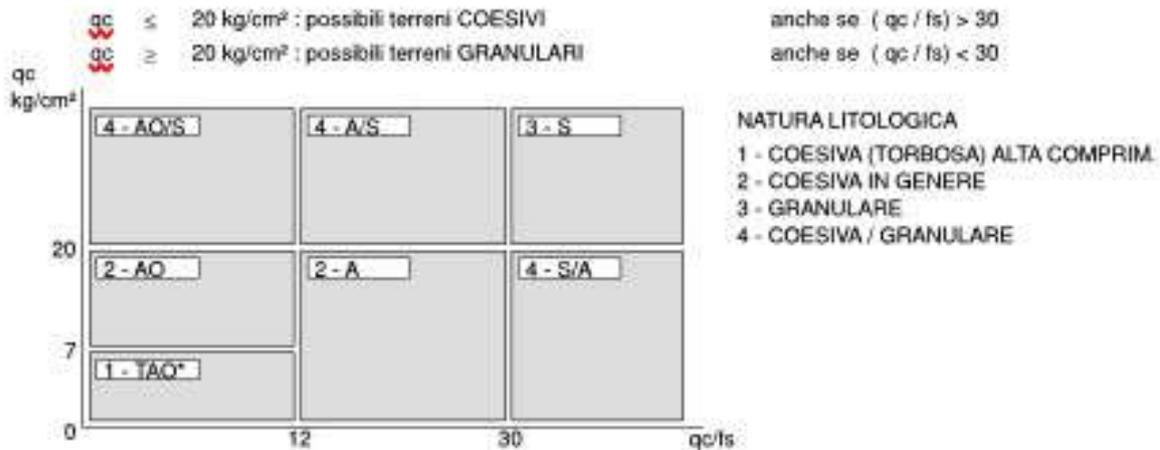
- AO = argilla organica e terreni misti
- Alt = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- 1/3 ± 1/2 di quello misurato, per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato), per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno immerso in falda [correlaz. : $\gamma' - qc - natura$]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : $Cu - qc$]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : $OCR - Cu - \sigma'_{vo}$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : $Eu - Cu - OCR - I_p$] $I_p = ind. plast.$
 $Eu_{50} - Eu_{25}$ corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : $E' - qc$]
 $E'_{50} - E'_{25}$ corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : $Mo - qc - natura$]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : $Dr - Rp - \sigma'_{vo}$ (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : $\phi' - Dr - qc - \sigma'_{vo}$]
 $\phi'_{Ca} - Caquot (1948)$ $\phi'_{Ko} - Koppejan (1948)$
 $\phi'_{DB} - De Beer (1965)$ $\phi'_{Sc} - Schmertmann (1978)$
 $\phi'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975)$ (sabbie N.C.) $\phi'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976)$ (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE
SCHEMA PENETROMETRO

Riferimento

083-20

Committente Dott. Francesco Rosati

Cantiere

Località Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato

TG63-200Stat

Pagani - Piacenza

Sigla	TG63-200Stat	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,12	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (tol. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1,00m a 2,00m (tol. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm ²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prof.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	SI	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
a(punta)		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (tol. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5,00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5,00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)		Diametro esterno delle aste (tol. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (tol. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (tol. da 1,00mm a 2,00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (tol. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

DIN

2

Riferimento

083-20

Committente **Dott. Francesco Rosati**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.

14/05/2025

Cantiere

Pagina

1

Località **Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato**

Elaborato

Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	3		33,1					
0,40	1	5		55,1					
0,60	1	4		44,1					
0,80	1	4		44,1					
1,00	2	3		31,0					
1,20	2	8		82,7					
1,40	2	21		217,1					
1,60	2	28		299,4					
1,80	3	21		217,1					
2,00	3	28		272,4					
2,20	3	27		262,7					
2,40	3	18		175,1					
2,60	3	50		486,4					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FCN130

Software by dott. Geol. Diego Marin - 04342544980

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

DIN	2
Riferimento	083-20

Committente	Dott. Francesco Rosati	U.M.	kg/cm ²	Data esec.	14/05/2020
Cantiere		Scala:	1:25	Quota inizio:	Falda
Località	Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato	Pagina	1	Elaborato	



Penetrometro:	TG53-203Din	Responsabile::		profondo	m
	63,00 kg	Assistente::		Corr. asino:	kg/m ²
	0,75 m			Cod. ISTAT:	0
	0,20 m				

FCN130

Software by dott. Sauro Origo file:///C:/0425/042502

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN **2**
Riferimento **083-20**

Committente **Dott. Francesco Rosati** U.M.: **kg/cm²** Data esec. **14/05/2020**
Cantiere **Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato** Pagina **1**
Località **Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato** Elaborato **Falda**

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	μ	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 1,00	Media	4	1,51	6	42	36	89	50	2,07	Coes./Gran.	
2	1,00 : 1,20	Media	8	1,51	12	83	74	117	86	4,14	Coes./Gran.	
3	1,20 : 2,40	Media	24	1,51	36	239	222	170	211	11,95	Coes./Gran.	
4	2,40 : 2,60	Media	50	1,51	76	486	435	205	384	24,32	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e	Mo kg/cm ²	Dr %	σ	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq.
1	0,00 : 1,00	6	0,38	1,85	37,04	1,00	36	22	28	238	1,89	1,43	139	---
2	1,00 : 1,20	12	0,75	1,92	31,20	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	207	---
3	1,20 : 2,40	36	2,25	2,10	20,20	0,55	102	71	38	469	2,08	1,74	429	---
4	2,40 : 2,60	76	4,75	2,10	20,20	0,55	183	95	44	777	2,21	1,94	770	---

FCN130

Software by dott. Teo. Diego Marin - 081025 84883

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

DIN	3
Riferimento	083-20

Committente	Dott. Francesco Rosati	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	14/05/2025
Cantiere		Pagina	1		
Località	Via del Paico, 257 - Loc. Filettole - Prato	Elaborato		Falda	

H m	asta n°	punta colpi	rv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	rv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	2		22,1					
0,40	1	9		99,2					
0,60	1	30		330,8					
0,80	1	21		231,5					
1,00	2	11		113,7					
1,20	2	16		165,4					
1,40	2	28		289,4					
1,60	2	50		516,8					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = rv
qcd = Resistenza dinamica punta

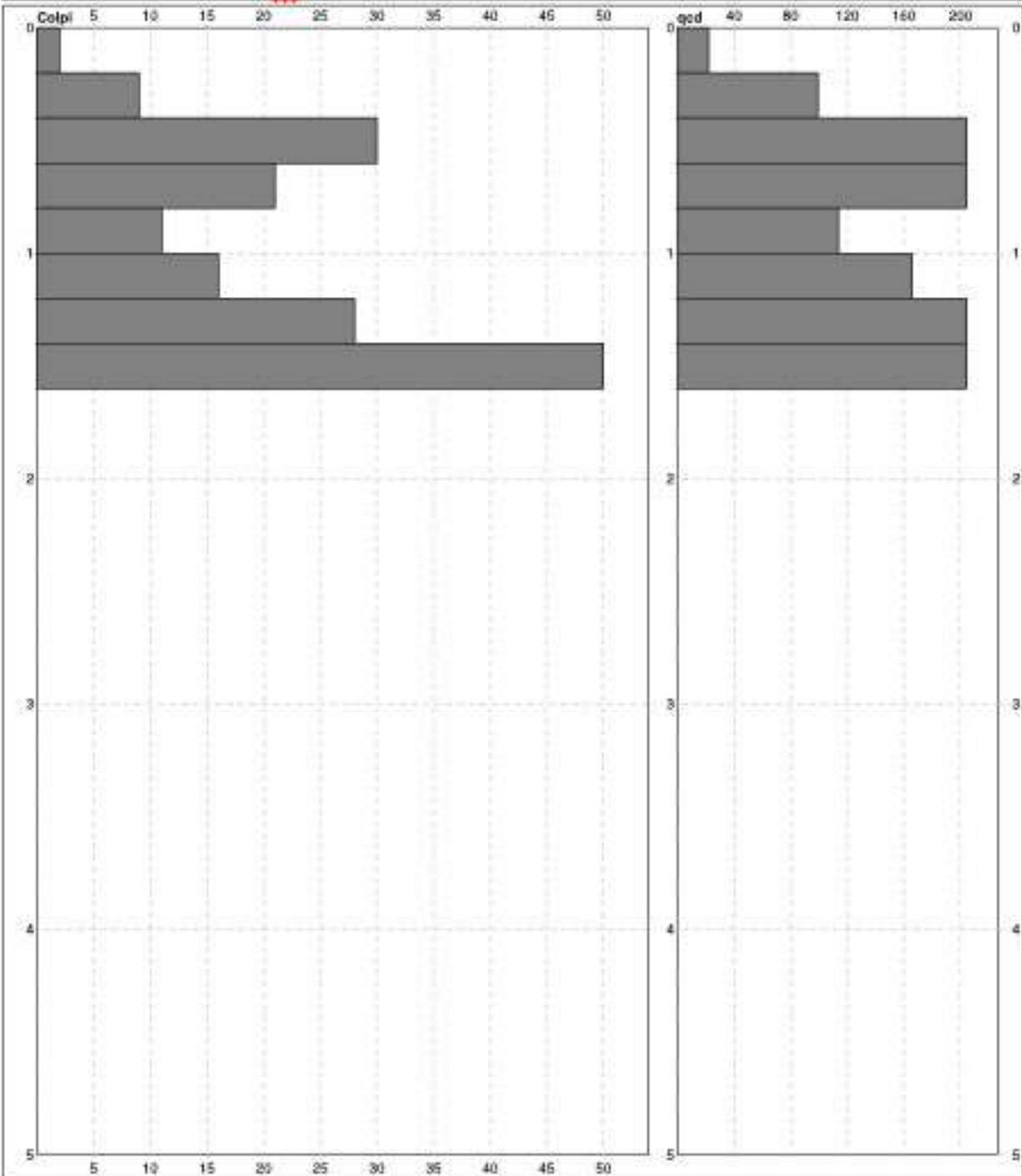
FON130

Software by dott. Gaetano Diago Martini - tel. 0425 843822

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

DIN	3
Riferimento	083-20

Committente: Dott. Francesco Rosati	U.M.: kg/cm ²	Data esec.: 14/05/2020
Cantiere	Scala: 1:25	
Località: Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato	Pagina: 1	Quota inizio: Falda
	Elaborato	



Penetrometro: TG63-200Dn	Responsabile: prefoto m
63.00 kg	Compassino: kg/m ²
0,75 m	Cod. ISTAT: 0
0,20 m	

FCN130

Software by dott. Geol. Diego Marini - 08 0425 94828

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN

3

Riferimento

083-20

Committente: Dott. Francesco Rosati

U.M.: kg/cm²

Data esec. 14/05/2020

Cantiere

Pagina 1

Località Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato

Elaborato

Falda

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	μ	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	6	1,51	8	61	55	78	63	3,03	Coes./Gran.	
2	0,40 : 0,80	Media	26	1,51	39	281	253	139	225	14,06	Coes./Gran.	
3	0,80 : 1,20	Media	14	1,51	20	140	125	125	132	6,88	Coes./Gran.	
4	1,20 : 1,60	Media	39	1,51	59	403	363	176	313	20,16	Coes./Gran.	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e	Mo kg/cm ²	Dr %	e	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq.
1	0,00 : 0,40	8	0,50	1,87	34,96	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	161	---
2	0,40 : 0,80	39	2,44	2,10	20,20	0,55	108	74	38	482	2,10	1,76	454	---
3	0,80 : 1,20	20	1,25	2,02	24,71	0,67	69	50	33	345	1,99	1,59	292	---
4	1,20 : 1,60	59	3,89	2,10	20,20	0,55	148	88	42	646	2,17	1,88	625	---

FCN130

Software by dott. Geol. Diego Fabbri - tel. 0425-841801

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

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 (1998) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

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

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (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 δ = 10 cm, punta conica (α = 60-90°), 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 δ = 10 cm, punta conica (α = 60-90°), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento δ = 30 cm, punta conica (α = 60°), 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 δ = 20-30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati ,

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M , scarto quadratico medio s , valore medio/minimo $(M+m)/2$

media-scarto quadratico medio $(M-s)$

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N_{spt} della prova SPT : $N_{spt} = \beta N$ (ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia βt fornito dal programma) ,

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica q_{cd} viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$q_{cd} = (M \cdot H) / [A \cdot e + (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ q_{cd} = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$q_{cd} = (M \cdot H) / (A \cdot e) = (M \cdot H) \cdot N / (A \cdot \delta) = Q \cdot N ,$$

ove : $Q = (M \cdot H) / (A \cdot \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N, Q) alla prova SPT (N_{spt}, Q_{spt}),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$q_{cd} = Q \cdot N = Q_{spt} \cdot N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta t \cdot N ,$$

ove il rapporto $\beta t = Q/Q_{spt}$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ($Q_{spt} = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,

$A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$).

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$N_{spt} \rightarrow Dr$ DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

$N_{spt} \rightarrow \sigma'$ ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

$N_{spt} \rightarrow E'$ MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

$N_{spt} \rightarrow Cu$ COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

$N_{spt} \rightarrow Y$ PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [$e_{max} = 1$ e $e_{min} = 1/3 G = 2.65$]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [$p_{specifico} G = 2.70$]

$q_{cd} \rightarrow Q_d$ CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

$F.L.$ = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g)]

V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE
SCHEDA PENETROMETRO

Riferimento

083-20

Committente Dott. Francesco Rosati

Cantiere

Località Via del Palco, 257 - Loc. Filettole - Prato

TG63-200Din

Pagani - Piacenza

Sigla	TG63-200Din	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,15	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (tol. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	0,90 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1,00m a 2,00m (tol. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	5,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm ²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	60 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prof.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari N_s colpi
Rivest.	SI	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
a(punta)	51,00 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (tol. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5,00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5,00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	34,00 mm	Diametro esterno delle aste (tol. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (tol. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hc(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (tol. da 1.00mm a 2.00mm)
Rak(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (tol. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento



Geognostica Fiorentina srl
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)
C.F./P.IVA • 05256260488
Tel. e Fax • 055 3897865
E-mail • info@geognosticafiorentina.com
Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI PRATO



Oggetto:

Indagine geofisica di superficie mediante
tomografia sismica con onde P/SH e
metodologia MASW

RELAZIONE TECNICA



Località:

Via del Palco, 257 – Filettole – Prato



Committente:

Dott. Francesco Rosati

1. Introduzione

Come concordato con la Committenza e con il dott. Geol. Alessandro Lenzi, è stata eseguita una campagna geofisica consistente in due profili sismici analizzati mediante tomografia con onde P ed SH e MASW, in data 14 maggio 2020, in via del Palco, 257 – Filettole – Prato (Tavola 1).

Dopo aver preso visione della zona, delle problematiche ad essa connesse e degli spazi a disposizione, è stata programmata una campagna di prospezioni geofisiche con lo scopo di fornire, una caratterizzazione delle litologie presenti nell'area d'indagine nonché determinare le geometrie dei terreni (spessori e superfici di contatto) nel sottosuolo in funzione dell'andamento in profondità delle velocità delle onde sismiche. I dati ottenuti sono stati elaborati con metodologia tomografica che permette di ottenere un'ottima caratterizzazione del substrato e dei materiali di copertura. Il calcolo delle velocità delle onde di taglio secondo le NTC 2018 (per il cosiddetto Vseq) è stato effettuato sia tramite i risultati della rifrazione con onde SH sia dall'analisi spettrale delle onde di superficie con metodologia MASW.

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

2. Metodologie d'indagine

Sismica a rifrazione:

La sismica a rifrazione considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si rifrangono su superfici di discontinuità. La velocità con cui la deformazione prodotta artificialmente si propaga nei terreni è quindi funzione delle caratteristiche elastiche dei terreni stessi. Non sempre però un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico in quanto la velocità di propagazione può variare nell'ambito di uno stesso litotipo perché, variazioni di compattazione, fratturazione, porosità ecc., cambiano le caratteristiche elastiche. Dalla misura dei tempi di percorrenza dalla sorgente ai ricevitori, è possibile dedurre la velocità e gli spessori degli orizzonti in cui si propagano le onde elastiche generate e quindi ottenere informazioni sulla natura e sulla struttura del sottosuolo.

La condizione fondamentale nella rifrazione è che la velocità delle onde sia crescente con la profondità. I raggi che incontrano la superficie di separazione tra i due mezzi verranno riflessi e rifratti. Nel punto in cui l'angolo di incidenza con la normale alla superficie di separazione è pari all'angolo critico, il raggio verrà rifratto a 90° secondo la legge di Snell e viaggerà lungo la superficie di separazione tra i due mezzi alla velocità del mezzo più veloce (quello a maggior profondità tra i due). Per il principio di Huygens il fronte d'onda rifratto genera a sua volta onde che risalgono verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza e possono essere intercettati dai ricevitori.

Una volta acquisiti i dati, l'interpretazione dei segnali e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde, avviene attraverso una serie di fasi tra cui:

- mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo picking;
- ricostruzione delle dromocrone cioè di un diagramma che ha in ascisse le distanze dei geofoni e in ordinate i tempi dei primi arrivi; calcolo delle velocità delle onde elastiche analizzate e relativi tempi di intercetta;
- ricostruzione del modello del sottosuolo con stima della profondità di ciascuno strato omogeneo, continuo e isotropo.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, migliorabile attraverso successive iterazioni fino alla migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati. Per l'analisi interpretativa sono stati utilizzati i software Easy Refract (Geostru), metodo GRM; e Rayfract 3.2. tomografia sismica.

MASW

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s_{eq}}$.

In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh e Love) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh e/o Love), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh è fatta mediante geofoni verticali ed energizzazione piastra-martello; per le onde di Love con geofoni orizzontali ed energizzazione martello-trave di legno, ortogonale allo stendimento.

3. Schema operativo

Nella Tavola 1 allegata viene riportato un inquadramento dell'area con inserite le tracce delle sezioni sismiche eseguite.

Dopo una prima analisi dell'area con il tecnico incaricato, stabilite le finalità delle indagini da eseguire, ed in considerazione degli spazi a disposizione, di seguito vengono schematizzate la configurazione adottata e le analisi eseguite:

	Lungh. profilo (m) (distanza G1-G24)	Tomografia sismica	MASW
Profilo sismico 1	46	Onde P/SH	Onde di Rayleigh/Love
Profilo sismico 2	46	Onde P	

- Per quanto riguarda la rifrazione sono stati eseguiti n°7 scoppi per profilo sismico indicati nelle sezioni allegate. Eseguita l'acquisizione dei dati, l'interpretazione avviene mediante l'osservazione di sismogrammi, l'individuazione dei primi arrivi ed il relativo picking; la ricostruzione delle dromocrone; calcolo delle velocità delle onde elastiche e la ricostruzione del modello del sottosuolo con stima della profondità di ciascuno strato omogeneo.
- L'acquisizione MASW è avvenuta con la stessa configurazione spaziale e gli stessi geofoni, utilizzando però differenti tempi di acquisizione, frequenza di campionamento e periodo di campionamento. L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia avviene attraverso le seguenti fasi: 1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del modo fondamentale e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia. 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs. In alternativa inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della ModalSummation (Herman 2003).

4. Strumentazione impiegata

Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da sismometri (geofoni o accelerometri), amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA Electronic Instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz per onde P ed SH.

Come sorgente di energia sismica per le onde di corpo P e per le onde di superficie (Rayleigh) si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento (array). Per le onde SH e di superficie (Love) come sistema di energizzazione si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente orizzontalmente su una trave in legno sovraccaricata, posta ortogonalmente all'array e parallelamente alla direzione di oscillazione dei geofoni.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un trigger che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è fatto uso di un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

5. Elaborati grafici

Tavola 1: ubicazioni in pianta di ciascun profilo sismico, e documentazione fotografica relativa.

Tavola 2: curve tempi-distanze, dromocrone, che scaturiscono dalle letture eseguite sui dati di campagna. In ascisse sono riportate le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento, in ordinate i tempi di arrivo espressi in millisecondi agli stessi sensori.

Tavole 3-4-5: sezioni tomografiche realizzate mediante la "WET Tomography" con le relative curve di isovelocità. Al di sotto di queste sezioni bidimensionali (quote/lunghezza dello stendimento) viene riportata una scala in falsi colori che esprime i valori di velocità all'interno della sezione in un range di velocità delle onde P compreso tra 200 e 4.000 m/s e per le onde SH tra 200 e 2.000 m/s.

Tavola 6-7: sismogrammi con gli spettri di velocità calcolati, e risultati dell'inversione delle curve di dispersione.

6. Analisi dei risultati

Per i profili sismici vengono di seguito riportati i risultati ottenuti mediante le varie metodologie interpretative. Date le diverse caratteristiche degli algoritmi di calcolo i risultati ottenuti in ciascun sito possono presentare differenze nelle discretizzazioni degli orizzonti sismici. Nonostante questo è stata riscontrata una buona corrispondenza tra i vari metodi. L'utilizzo di varie metodologie interpretative offre fra gli altri un importante vantaggio, cioè quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi, per esempio per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie.

LINEA SISMICA 1

Tomografia sismica

L'elaborazione con tecnica tomografica del profilo sismico ha permesso di ottenere due sezioni nelle quali viene riportato l'andamento nel sottosuolo delle velocità delle onde P ed SH (vedi figure seguenti).

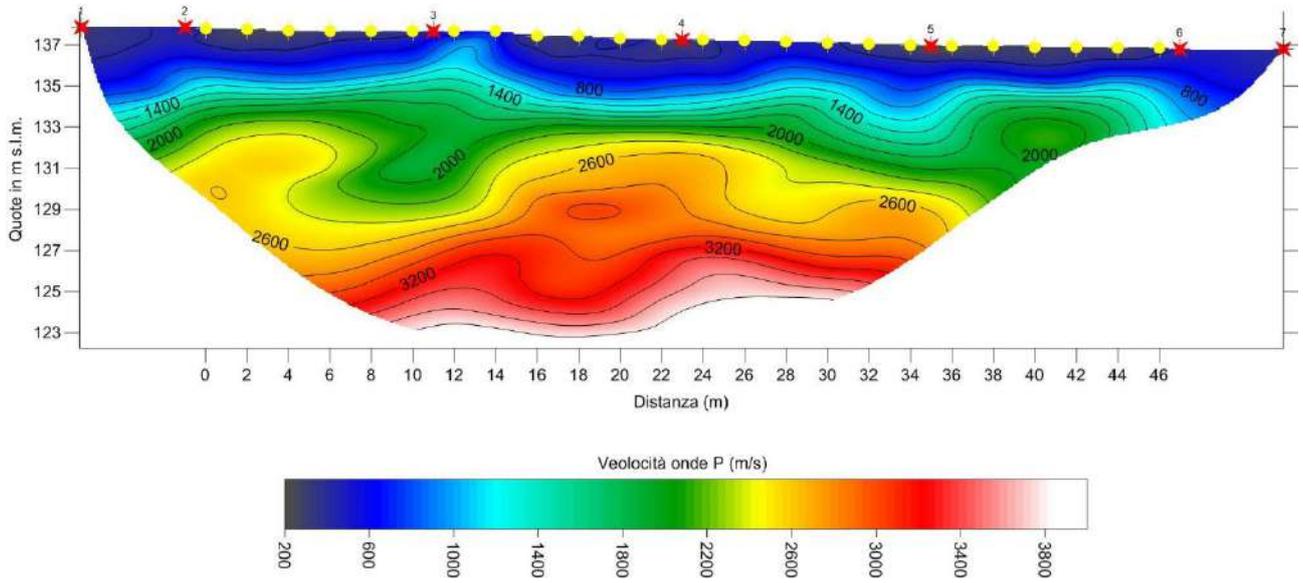
Tale andamento viene graficamente rappresentato sia mediante una scala di falsi colori, ai quali competono via via velocità sismiche sempre maggiori, sia mediante curve di isovelocità distribuite regolarmente ogni 200 m/s sia per le onde P che per le onde SH.

Entrambe le acquisizioni (onde P e SH) mostrano una sostanziale concordanza nei risultati.

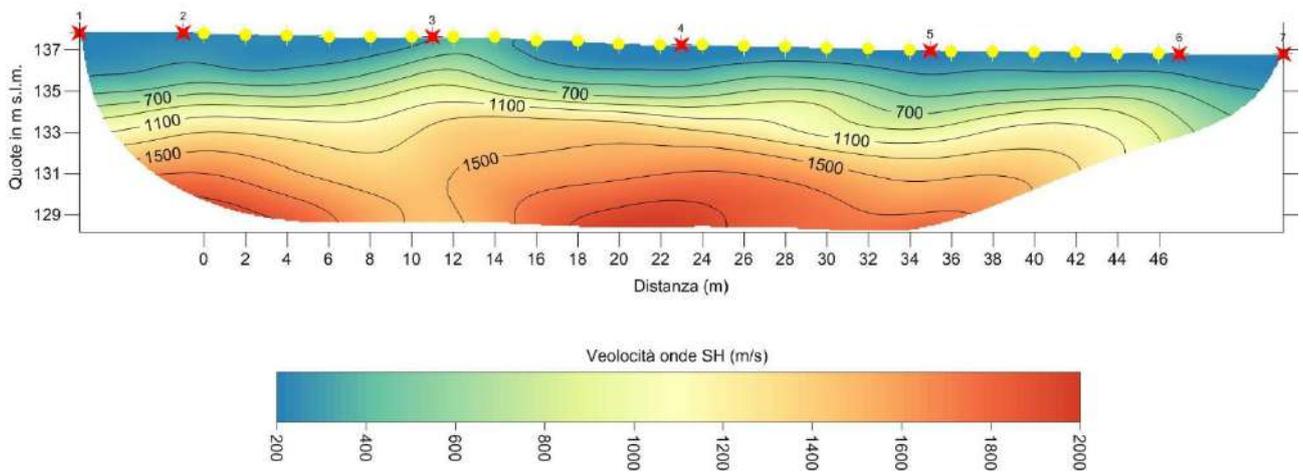
A partire dalla tomografia è stata realizzata una sezione interpretativa che ha permesso di suddividere il sottosuolo in due sismostratidistini:

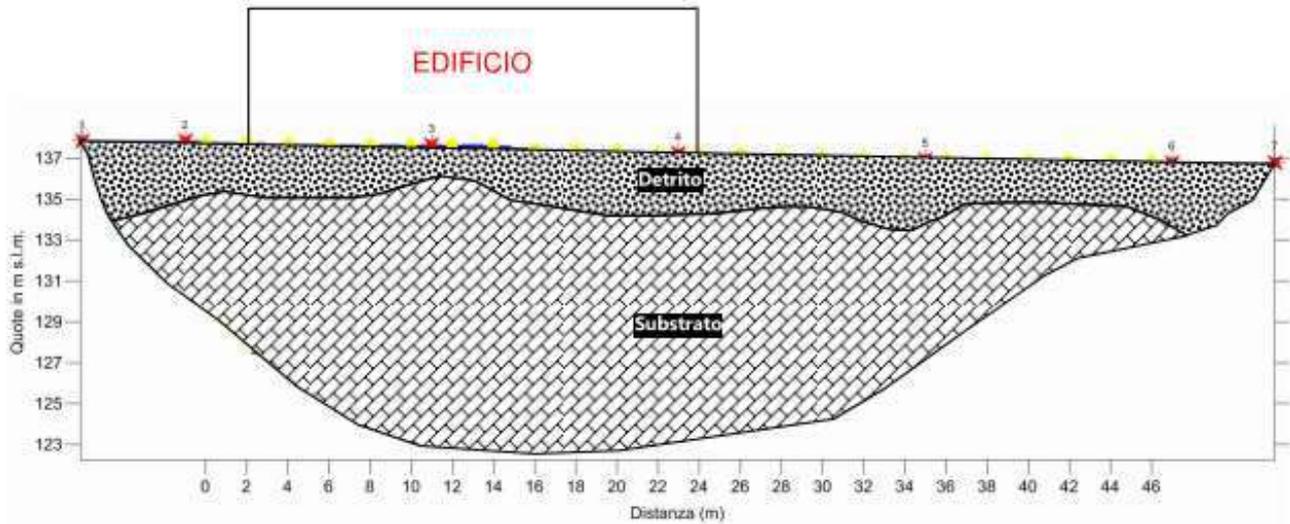
- Il primo sismostrato è delimitato dall'aumento del gradiente di velocità e può essere individuato a partire dalle curve di isovelocità dei 1.000-1.200 m/s per le onde P e 500- 700 m/s per le SH. Tale orizzonte è attribuibile a detrito, e raggiunge la profondità massima di circa 4-5 m nella parte iniziale e finale della sezione. Tra le progressive dei 10e 14 m la risalita delle curve di isovelocità indica la presenza di materiale consistente più in superficie.
- Oltre tali profondità siamo in presenza di substrato, più o meno alterato, con velocità oltre i 1.800-2.000 m/s per le onde P e oltre gli 800 m/s per le SH.

Filettoni 1 - Tomografia sismica - Onde P



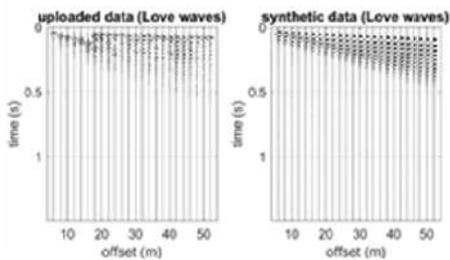
Filettoni 1 - Tomografia sismica - Onde SH



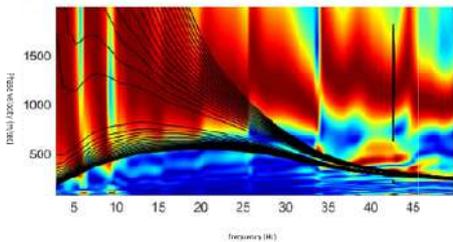


Analisi MASW

L'analisi delle onde di Love mediante MASW è stata effettuata anche attraverso inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della ModalSummation (vedi figura sotto).



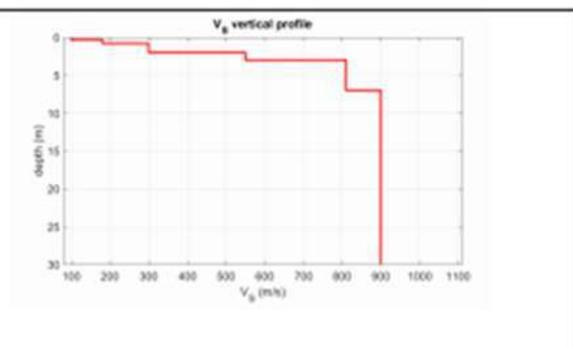
A sinistra: sismogrammi originali;
a destra: sismogrammi sintetici



Spettro di campagna a colori con sovrapposte le contourlines dei sismogrammi sintetici

Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati i modelli medi (spessori e velocità Vs) stimati.

Vsh (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
100	0.3	0.3
180	0.5	0.8
300	1.2	2.0
550	1.0	3.0
810	4.0	7.0
900	semi-spazio	
Modello sismostratigrafico stimato		



I risultati di tale analisi concordano sostanzialmente con quelli ottenuti mediante analisi tomografica.

La stima del profilo verticale di Vs ottenuto sia mediante tomografia sismica sia con analisi MASW, ha consentito di stimare il parametro Vseq intorno a 259 m/s, considerando come riferimento il piano campagna. Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo A secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di Vseq e conseguentemente la categoria di suolo.

Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
A	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.
B	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.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, 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.
D	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.
E	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.

LINEA SISMICA 2

Tomografia sismica

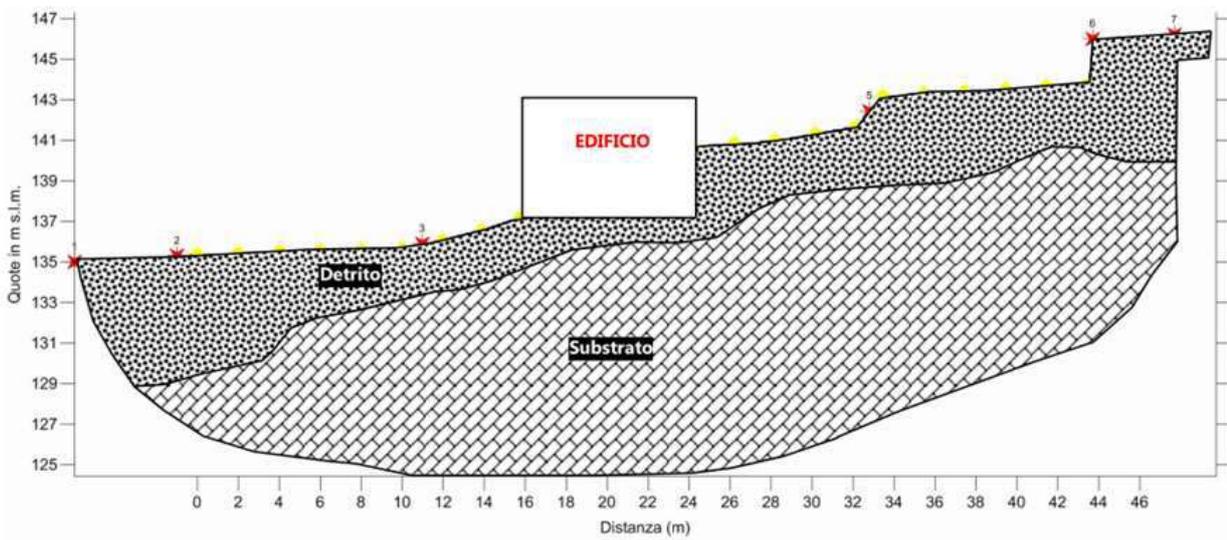
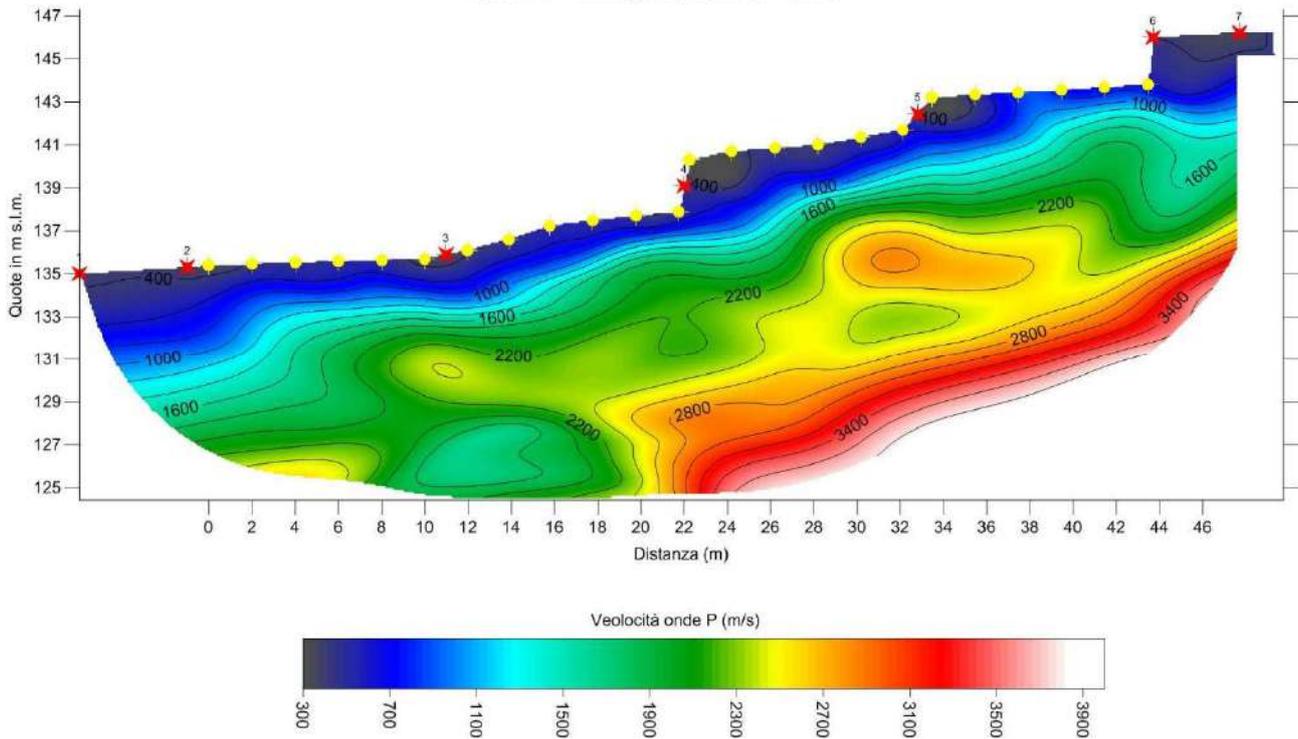
L'elaborazione tomografica del profilo sismico ha permesso di ottenere una sezione nella quale viene riportato l'andamento nel sottosuolo delle velocità delle onde P (vedi figura seguente).

Tale andamento viene graficamente rappresentato sia mediante una scala di falsi colori, ai quali competono via via velocità sismiche sempre maggiori, sia mediante curve di isovelocità distribuite regolarmente ogni 200 m/s.

Anche in questo caso a partire dalla tomografia è stata realizzata una sezione interpretativa che ha permesso di suddividere il sottosuolo nei due sismostrati descritti precedentemente:

- Il primo sismostrato attribuibile a detrito, delimitato dall'aumento del gradiente di velocità e delimitato dalla fascia di curve che vanno dai 1.000 e i 1.600 m/s, raggiunge la profondità massima di circa 4-5 m nella parte iniziale e finale della sezione, e presenta il minimo spessore in corrispondenza della sagoma dell'edificio.
- Oltre tali profondità siamo in presenza di substrato, più o meno alterato, con velocità oltre i 1.800-2.000 m/s.

Filettole 2 - Tomografia sismica - Onde P



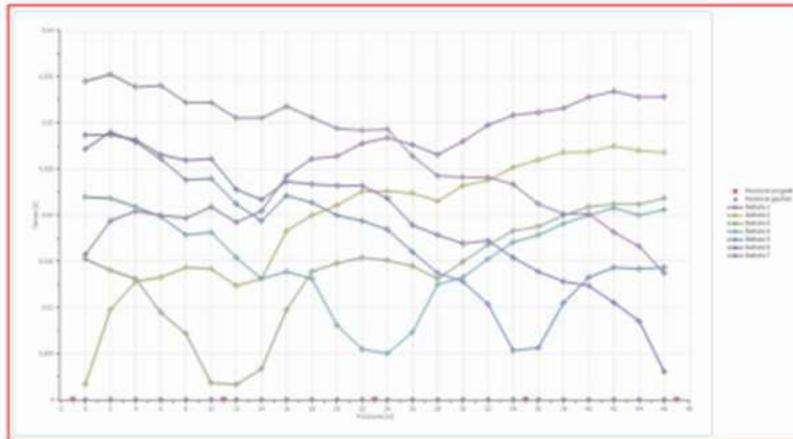
Scandicci, li 26/05/2020

**GEOGNOSTICA
FIORENTINA**
Via di Porto, 11-13 50018 Scandicci (FI)
C.F./P.IVA: 05251240489
Tel./Fax: 055 720195
Info@geognosticafirentina.com

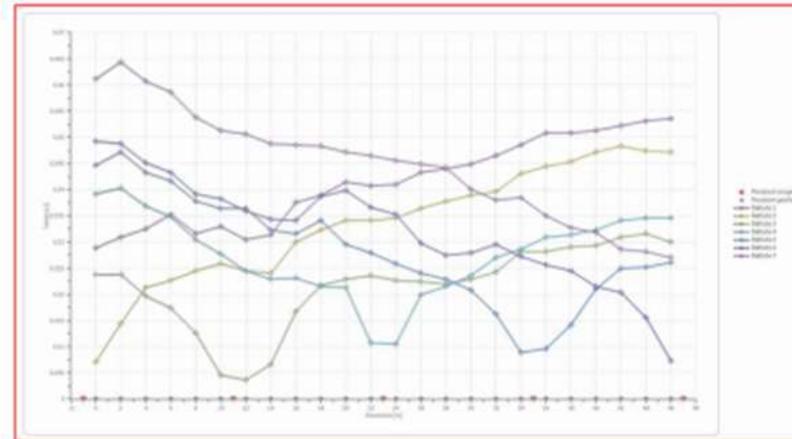


Coordinate linea sismica 1 (G1-G24: 46 ml)		
G1	43.892724°	11.116159°
G24	43.893080°	11.115859°
Coordinate linea sismica 2 (G1-G24: 46 ml)		
G1	43.892837°	11.115787°
G24	43.893037°	11.116304°

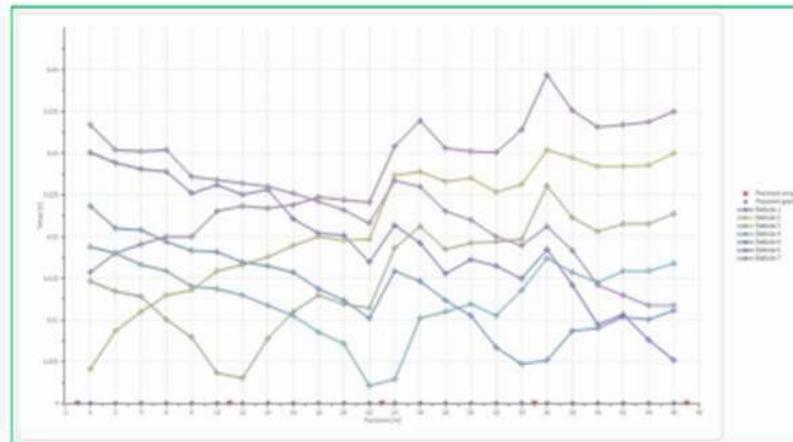
LINEA SISMICA 1 – DROMOCRONE ONDE P



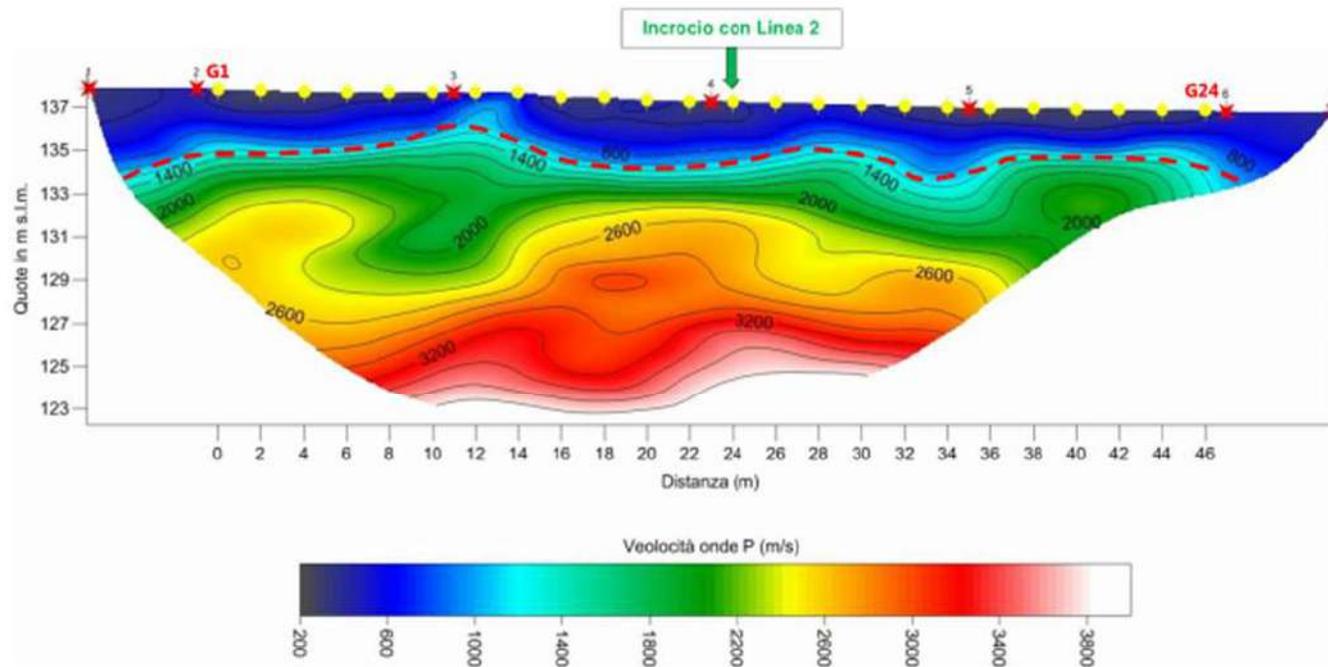
LINEA SISMICA 1 – DROMOCRONE ONDE SH



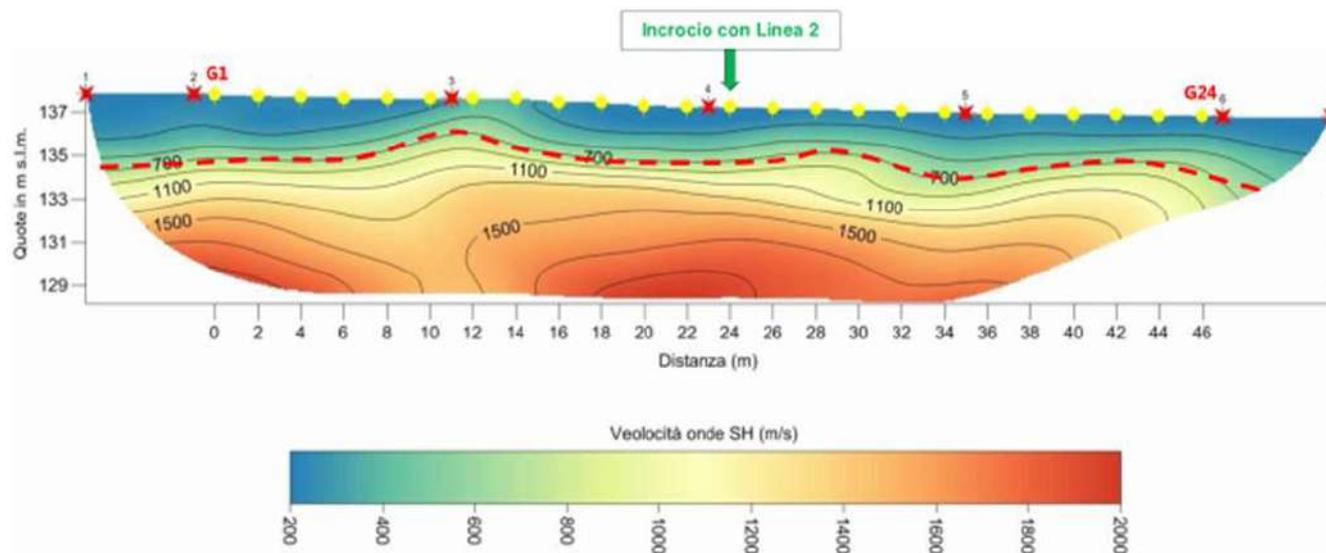
LINEA SISMICA 2 – DROMOCRONE ONDE P



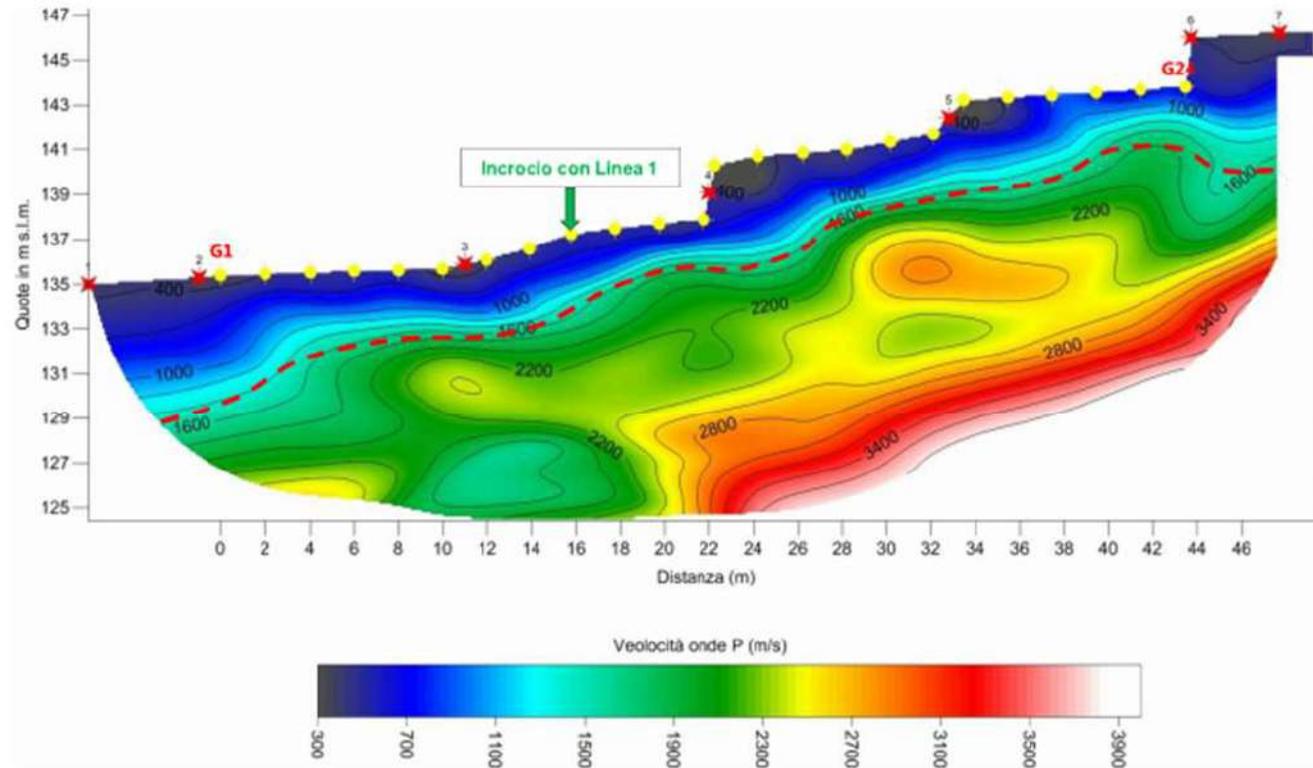
LINEA 1 - Tomografia sismica - Onde P
scala 1:300



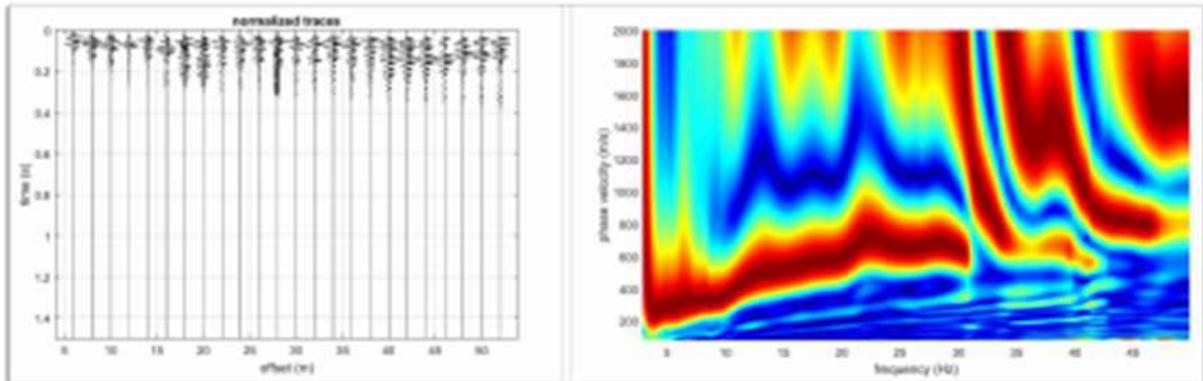
LINEA 1 - Tomografia sismica - Onde SH
scala 1:300



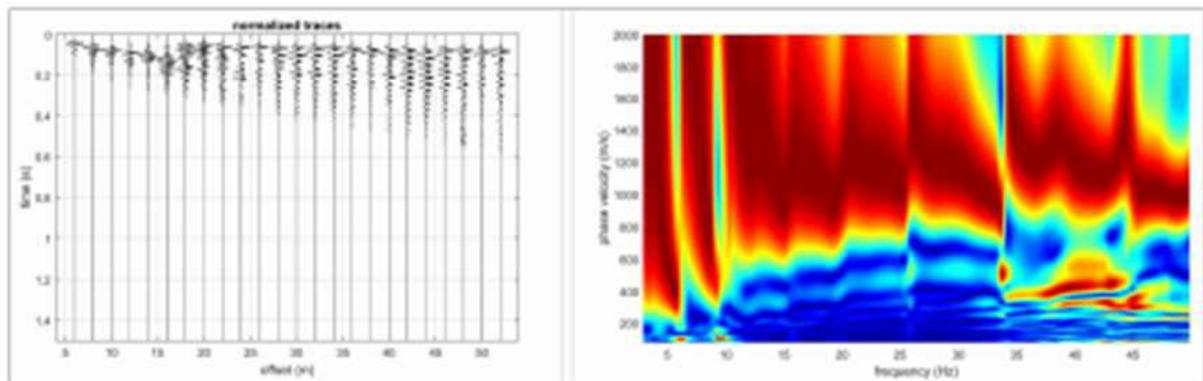
LINEA 2 - Tomografia sismica - Onde P
scala 1:300



Analisi MASW

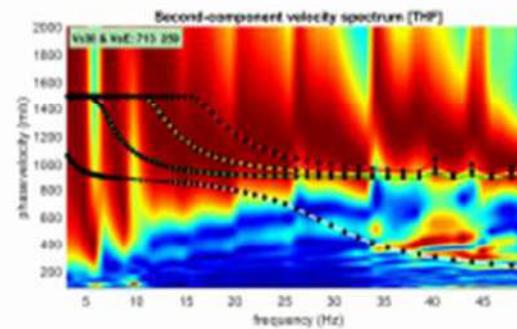
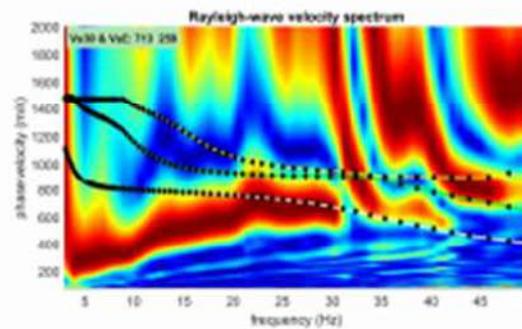
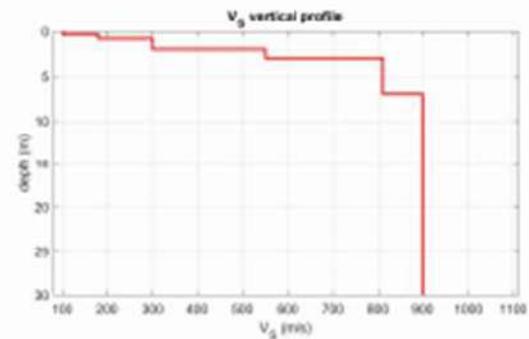


Componente di Rayleigh - Dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Componente di Love - Dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

www.wlmasw.com



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi MASW.

In basso: spettro osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh a sinistra e di Love a destra).

In alto: profilo verticale Vs identificato dall'inversione.

All. 12 - Report elaborazioni Stabilità del versante

SSAP -- Report elaborazioni

 SSAP 5.0.2 - Slope Stability Analysis Program (1991,2021)

WWW.SSAP.EU

Build No. 11893

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI *,**

*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

** Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

 Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 Febbraio 2021

Localita' : Filettole (Prato)

Descrizione:

Modello pendio: filettole2.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m)							
SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	130.66	0.00	129.86	6.00	133.88	34.80	141.55
1.20	131.40	1.20	130.50	6.00	131.59	34.80	138.01
2.40	131.79	7.20	131.78	6.70	131.59	35.50	138.01
3.60	131.79	10.80	132.52	6.70	133.88	35.50	141.55
4.80	131.79	14.40	134.57	6.00	133.88	34.80	141.55
6.00	131.79	20.40	134.86	-	-	-	-
6.00	133.88	21.60	134.99	-	-	-	-
7.20	133.98	25.20	134.77	-	-	-	-
8.40	134.80	26.40	135.05	-	-	-	-
9.60	134.92	33.60	138.01	-	-	-	-
10.80	135.02	34.80	138.01	-	-	-	-
12.00	135.13	38.40	138.35	-	-	-	-
13.20	135.30	42.00	140.15	-	-	-	-
14.40	135.37	48.00	141.25	-	-	-	-
15.60	135.49	51.60	141.98	-	-	-	-
16.80	135.60	56.40	145.13	-	-	-	-
18.00	135.70	60.00	145.15	-	-	-	-
19.20	135.76	62.40	144.34	-	-	-	-
20.40	135.92	64.80	144.68	-	-	-	-
21.60	136.02	69.60	147.47	-	-	-	-
22.80	136.09	72.00	149.91	-	-	-	-
24.00	136.30	74.40	150.68	-	-	-	-
25.20	136.77	75.60	151.80	-	-	-	-
26.40	137.25	78.00	152.82	-	-	-	-
27.60	137.73	80.40	153.02	-	-	-	-
28.80	138.01	-	-	-	-	-	-
30.00	138.01	-	-	-	-	-	-
31.20	138.01	-	-	-	-	-	-
32.40	138.01	-	-	-	-	-	-

33.60	138.01	-	-	-	-	-	-
34.80	138.01	-	-	-	-	-	-
34.80	141.55	-	-	-	-	-	-
35.50	141.55	-	-	-	-	-	-
37.20	141.55	-	-	-	-	-	-
38.40	141.55	-	-	-	-	-	-
39.60	141.55	-	-	-	-	-	-
40.80	141.55	-	-	-	-	-	-
42.00	141.55	-	-	-	-	-	-
43.20	141.55	-	-	-	-	-	-
44.40	141.55	-	-	-	-	-	-
45.60	141.55	-	-	-	-	-	-
46.80	141.55	-	-	-	-	-	-
48.00	141.55	-	-	-	-	-	-
48.00	143.95	-	-	-	-	-	-
49.20	144.30	-	-	-	-	-	-
50.40	144.42	-	-	-	-	-	-
51.60	144.58	-	-	-	-	-	-
52.80	144.74	-	-	-	-	-	-
54.00	144.88	-	-	-	-	-	-
55.20	145.08	-	-	-	-	-	-
56.40	145.13	-	-	-	-	-	-
56.40	147.13	-	-	-	-	-	-
57.60	147.18	-	-	-	-	-	-
58.80	147.24	-	-	-	-	-	-
60.00	147.75	-	-	-	-	-	-
61.20	147.82	-	-	-	-	-	-
62.40	147.94	-	-	-	-	-	-
63.60	148.15	-	-	-	-	-	-
64.80	148.38	-	-	-	-	-	-
66.00	148.91	-	-	-	-	-	-
67.20	149.27	-	-	-	-	-	-
68.40	149.48	-	-	-	-	-	-
69.60	149.72	-	-	-	-	-	-
70.80	149.82	-	-	-	-	-	-
72.00	149.91	-	-	-	-	-	-
72.00	151.91	-	-	-	-	-	-
73.20	151.95	-	-	-	-	-	-
74.40	151.98	-	-	-	-	-	-
75.60	152.86	-	-	-	-	-	-
76.80	153.82	-	-	-	-	-	-
78.00	154.62	-	-	-	-	-	-
79.20	154.62	-	-	-	-	-	-
80.40	154.62	-	-	-	-	-	-

SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
48.00	143.95	56.40	147.13	72.00	151.91	-	-
48.00	141.25	56.40	144.83	72.00	149.61	-	-
48.70	141.25	57.10	144.83	72.70	149.61	-	-
48.70	143.95	57.10	147.13	72.70	151.91	-	-
48.00	143.95	56.40	147.13	72.00	151.91	-	-

ASSENZA DI FALDA

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

		fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO	1	28.25	0.00	0.00	18.50	18.50	1.688	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO	2	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	7.150	35.00	39.00	7.00	0.50
STRATO	3	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	5.212	35.00	20.00	7.00	0.50
STRATO	4	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	7.738	35.00	30.00	7.00	0.00
STRATO	5	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	3.825	15.00	25.00	7.00	0.70
STRATO	6	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	1.839	3.00	25.00	6.00	0.70
STRATO	7	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	1.839	3.00	25.00	6.00	0.70

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
 C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
 Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (solo in 'SNIFF SEARCH) (adimensionale)

--- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI ---

- Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002) -

sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018:
 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO (solo per ROCCE)

Dai parametri sopra indicati, relativi al criterio di rottura Hoek et alii(2002), sono stati ricavati i parametri equivalenti geomeccanici CARATTERISTICI di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c',Phi')00; tali parametri equivalenti sono stati infine ridotti, per ricavare i valori di PROGETTO, tramite i coefficienti parziali di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018. Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato, secondo Lei et al.(2016)

----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

Nota Bene:

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	da X1	a X2	SX1	SX2	Alpha	Wsh1	Wsh2	Wsv1	Wsv2
(-)	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(°)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
1	30.0000	39.6000	56.00	56.00	90.00	0.00	0.00	56.00	56.00

LEGENDA SIMBOLI

N. (-) : NUMERO SOVRACCARICO
 X1 (m) : Posizione carico da X1
 X2 (m) : a X2
 SX1 (kPa) : Carico in X1 (Kpa)
 SX2 (kPa) : Carico in X2 (Kpa)
 Alpha (°) : Inclinazione carico (gradi):
 Componenti distribuzione forza unitaria applicata:
 Wsh1,Wsh2 (kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di proiezione Verticale) : da X1 a X2 (vedasi cap.2 manuale)
 Wsv1,Wsv2 (kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di proiezione Orizzontale) : da X1 a X2 (vedasi Cap.2 manuale)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: SNIFF RANDOM SEARCH - Borselli (1997,2020)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 34.80 35.50 141.55
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 3.2 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 1.61 45.00
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 107.58
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 9.65 48.79
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 10000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : BORSELLI (Borselli, 2016)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (λ_0, F_{s0}) ADOTTATO : B (piu' accurato)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0480
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0240
COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s *

Fattore di sicurezza (FS)	1.2155	- Min. -	X	Y	Lambda=	0.4192
			23.32	136.18		
			23.66	136.23		
			23.84	136.26		
			23.97	136.28		
			24.09	136.30		
			24.19	136.31		
			24.30	136.33		
			24.40	136.35		
			24.50	136.36		
			24.60	136.38		
			24.71	136.39		
			24.81	136.41		
			24.91	136.43		
			25.02	136.44		
			25.12	136.46		
			25.22	136.47		
			25.33	136.49		
			25.43	136.50		
			25.53	136.52		
			25.64	136.54		
			25.74	136.55		
			25.84	136.57		
			25.95	136.58		
			26.05	136.60		

26.15	136.62
26.26	136.63
26.36	136.65
26.46	136.66
26.57	136.68
26.67	136.70
26.77	136.71
26.87	136.73
26.98	136.74
27.08	136.76
27.18	136.77
27.29	136.79
27.39	136.81
27.49	136.82
27.60	136.84
27.70	136.85
27.80	136.87
27.91	136.89
28.01	136.90
28.11	136.92
28.22	136.93
28.32	136.95
28.42	136.96
28.52	136.98
28.63	137.00
28.73	137.01
28.83	137.03
28.94	137.04
29.04	137.06
29.14	137.08
29.25	137.09
29.36	137.11
29.48	137.13
29.60	137.15
29.70	137.17
29.79	137.20
29.87	137.23
29.96	137.29
30.05	137.35
30.17	137.45
30.35	137.62
30.74	138.01

Fattore di sicurezza (FS) 1.2480 - N.2 --

X	Y
23.44	136.20
23.75	136.23
23.91	136.25
24.03	136.26
24.13	136.27
24.22	136.28
24.32	136.29
24.41	136.30
24.50	136.31
24.60	136.32
24.69	136.33
24.78	136.34
24.87	136.35
24.97	136.36
25.06	136.37
25.15	136.38
25.25	136.39
25.34	136.40

Lambda= 0.4461

25.43	136.41
25.52	136.42
25.62	136.43
25.71	136.44
25.80	136.45
25.89	136.46
25.99	136.47
26.08	136.48
26.17	136.49
26.27	136.50
26.36	136.51
26.45	136.52
26.54	136.53
26.64	136.54
26.73	136.55
26.82	136.56
26.91	136.57
27.01	136.58
27.10	136.59
27.19	136.60
27.29	136.61
27.38	136.62
27.47	136.62
27.57	136.63
27.66	136.65
27.75	136.66
27.84	136.67
27.94	136.68
28.03	136.70
28.12	136.71
28.21	136.73
28.31	136.75
28.40	136.77
28.49	136.79
28.59	136.81
28.68	136.83
28.77	136.85
28.86	136.87
28.95	136.90
29.05	136.92
29.14	136.95
29.23	136.97
29.33	137.00
29.42	137.02
29.52	137.05
29.61	137.07
29.72	137.10
29.83	137.13
29.92	137.16
30.00	137.20
30.07	137.24
30.16	137.29
30.24	137.36
30.35	137.47
30.51	137.63
30.86	138.01

Fattore di sicurezza (FS)	1.2499	- N.3 --	X	Y	Lambda=	0.4435
			23.67	136.24		
			24.04	136.29		
			24.23	136.32		
			24.37	136.34		

24.50	136.35
24.61	136.37
24.72	136.38
24.83	136.40
24.94	136.41
25.05	136.43
25.16	136.44
25.27	136.46
25.38	136.47
25.49	136.49
25.60	136.50
25.71	136.52
25.82	136.53
25.93	136.55
26.04	136.56
26.15	136.58
26.26	136.59
26.37	136.60
26.49	136.62
26.60	136.63
26.71	136.65
26.82	136.66
26.93	136.68
27.04	136.69
27.15	136.71
27.26	136.72
27.37	136.74
27.48	136.75
27.59	136.77
27.70	136.78
27.81	136.80
27.92	136.81
28.03	136.83
28.14	136.84
28.25	136.86
28.36	136.87
28.48	136.89
28.59	136.90
28.70	136.92
28.81	136.94
28.92	136.96
29.02	136.98
29.13	137.01
29.24	137.03
29.36	137.07
29.50	137.10
29.61	137.14
29.71	137.18
29.80	137.23
29.90	137.29
30.01	137.37
30.14	137.47
30.33	137.64
30.74	138.01

Fattore di sicurezza (FS) 1.2571 - N.4 --

X	Y
20.62	135.94
21.11	135.97
21.36	135.98
21.54	135.99
21.70	136.00
21.84	136.01

Lambda= 0.4203

21.99	136.01
22.13	136.02
22.27	136.03
22.42	136.04
22.56	136.05
22.70	136.05
22.85	136.06
22.99	136.07
23.13	136.08
23.28	136.09
23.42	136.09
23.56	136.10
23.71	136.11
23.85	136.12
23.99	136.13
24.14	136.13
24.28	136.14
24.43	136.15
24.57	136.16
24.72	136.17
24.86	136.18
25.00	136.19
25.14	136.20
25.28	136.22
25.42	136.23
25.56	136.25
25.71	136.28
25.85	136.30
26.00	136.33
26.14	136.35
26.29	136.38
26.43	136.40
26.57	136.43
26.72	136.46
26.86	136.48
27.00	136.51
27.15	136.54
27.29	136.57
27.43	136.59
27.58	136.62
27.72	136.65
27.87	136.68
28.01	136.71
28.15	136.73
28.29	136.76
28.44	136.79
28.58	136.82
28.72	136.84
28.87	136.87
29.02	136.90
29.18	136.93
29.35	136.97
29.49	137.00
29.61	137.04
29.73	137.09
29.87	137.16
30.00	137.25
30.16	137.37
30.41	137.57
30.95	138.01

Fattore di sicurezza (FS)	1.2650 - N.5 --	X	Y	Lambda=	0.3669
		20.56	135.93		
		21.04	135.96		
		21.29	135.98		
		21.46	135.99		
		21.62	136.00		
		21.76	136.01		
		21.91	136.02		
		22.05	136.03		
		22.19	136.04		
		22.33	136.05		
		22.47	136.06		
		22.62	136.07		
		22.76	136.07		
		22.90	136.08		
		23.04	136.09		
		23.18	136.10		
		23.33	136.11		
		23.47	136.12		
		23.61	136.13		
		23.75	136.14		
		23.89	136.15		
		24.03	136.16		
		24.18	136.17		
		24.32	136.17		
		24.47	136.18		
		24.61	136.19		
		24.75	136.20		
		24.89	136.22		
		25.03	136.23		
		25.17	136.25		
		25.31	136.27		
		25.44	136.29		
		25.59	136.31		
		25.73	136.33		
		25.88	136.36		
		26.02	136.38		
		26.16	136.41		
		26.30	136.44		
		26.44	136.46		
		26.59	136.49		
		26.73	136.52		
		26.87	136.55		
		27.01	136.57		
		27.15	136.60		
		27.30	136.63		
		27.44	136.66		
		27.58	136.69		
		27.72	136.72		
		27.86	136.75		
		28.01	136.78		
		28.15	136.80		
		28.29	136.83		
		28.43	136.86		
		28.57	136.89		
		28.72	136.92		
		28.87	136.95		
		29.02	136.98		
		29.19	137.01		
		29.32	137.05		
		29.45	137.09		
		29.57	137.14		

29.70 137.21
29.84 137.29
30.00 137.40
30.25 137.59
30.77 138.01

Fattore di sicurezza (FS) 1.2657 - N.6 --

X	Y
24.86	136.64
25.38	136.68
25.66	136.70
25.85	136.72
26.03	136.73
26.18	136.75
26.34	136.76
26.50	136.77
26.65	136.78
26.81	136.80
26.96	136.81
27.12	136.82
27.28	136.84
27.43	136.85
27.59	136.86
27.74	136.87
27.90	136.89
28.06	136.90
28.21	136.91
28.37	136.93
28.52	136.94
28.68	136.96
28.83	136.98
29.00	137.00
29.17	137.02
29.35	137.04
29.50	137.07
29.64	137.11
29.77	137.15
29.92	137.21
30.06	137.29
30.24	137.40
30.51	137.59
31.09	138.01

Lambda= 0.5671

Fattore di sicurezza (FS) 1.2739 - N.7 --

X	Y
20.79	135.95
21.21	135.97
21.43	135.97
21.58	135.98
21.73	135.98
21.85	135.98
21.97	135.99
22.10	135.99
22.22	135.99
22.35	136.00
22.47	136.00
22.59	136.01
22.72	136.01
22.84	136.01
22.97	136.02
23.09	136.02
23.22	136.02
23.34	136.03
23.46	136.03

Lambda= 0.3609

23.59	136.03
23.71	136.04
23.84	136.04
23.96	136.05
24.09	136.05
24.21	136.05
24.34	136.06
24.46	136.06
24.58	136.07
24.71	136.07
24.83	136.08
24.95	136.08
25.08	136.09
25.21	136.10
25.34	136.11
25.47	136.12
25.59	136.13
25.70	136.15
25.82	136.17
25.94	136.19
26.06	136.22
26.18	136.25
26.31	136.28
26.44	136.31
26.57	136.35
26.69	136.38
26.82	136.41
26.94	136.45
27.07	136.48
27.19	136.51
27.31	136.55
27.44	136.58
27.56	136.61
27.69	136.65
27.81	136.68
27.94	136.71
28.06	136.75
28.19	136.78
28.31	136.81
28.43	136.84
28.56	136.88
28.68	136.91
28.81	136.94
28.93	136.98
29.06	137.01
29.20	137.05
29.34	137.09
29.46	137.12
29.57	137.17
29.68	137.22
29.80	137.28
29.92	137.36
30.06	137.46
30.28	137.64
30.73	138.01

Fattore di sicurezza (FS) 1.2760 - N.8 --

X	Y
20.52	135.93
21.03	135.96
21.29	135.97
21.48	135.98
21.65	135.99

Lambda= 0.4964

21.79	136.00
21.94	136.01
22.09	136.02
22.24	136.03
22.39	136.03
22.54	136.04
22.69	136.05
22.84	136.06
22.99	136.07
23.14	136.08
23.29	136.08
23.44	136.09
23.59	136.10
23.74	136.11
23.89	136.12
24.04	136.13
24.19	136.13
24.34	136.14
24.49	136.15
24.64	136.16
24.79	136.17
24.94	136.18
25.09	136.19
25.23	136.20
25.38	136.21
25.53	136.23
25.68	136.25
25.82	136.26
25.98	136.28
26.13	136.30
26.28	136.32
26.43	136.34
26.58	136.36
26.73	136.38
26.88	136.40
27.03	136.42
27.18	136.44
27.33	136.46
27.48	136.48
27.63	136.50
27.77	136.52
27.92	136.54
28.07	136.56
28.22	136.58
28.37	136.60
28.52	136.62
28.67	136.64
28.82	136.66
28.97	136.68
29.13	136.70
29.28	136.72
29.45	136.75
29.64	136.77
29.78	136.80
29.91	136.84
30.02	136.89
30.16	136.97
30.29	137.06
30.46	137.20
30.72	137.45
31.29	138.01

Fattore di sicurezza (FS)	1.2774	- N.9 --	X	Y	Lambda=	0.3620
			22.38	136.07		
			22.82	136.09		
			23.05	136.10		
			23.21	136.11		
			23.36	136.12		
			23.49	136.13		
			23.62	136.14		
			23.76	136.14		
			23.89	136.15		
			24.02	136.16		
			24.15	136.17		
			24.28	136.17		
			24.41	136.18		
			24.54	136.19		
			24.67	136.20		
			24.81	136.20		
			24.94	136.21		
			25.07	136.22		
			25.20	136.23		
			25.33	136.23		
			25.46	136.24		
			25.59	136.25		
			25.73	136.25		
			25.86	136.26		
			25.99	136.27		
			26.12	136.28		
			26.26	136.29		
			26.38	136.30		
			26.51	136.31		
			26.64	136.32		
			26.77	136.33		
			26.90	136.35		
			27.04	136.36		
			27.17	136.38		
			27.31	136.40		
			27.44	136.42		
			27.56	136.44		
			27.69	136.47		
			27.82	136.49		
			27.95	136.52		
			28.08	136.55		
			28.21	136.58		
			28.35	136.61		
			28.48	136.65		
			28.61	136.68		
			28.74	136.71		
			28.88	136.74		
			29.02	136.77		
			29.16	136.81		
			29.32	136.85		
			29.45	136.88		
			29.56	136.93		
			29.67	136.98		
			29.79	137.06		
			29.91	137.15		
			30.06	137.29		
			30.29	137.51		
			30.78	138.01		

Fattore di sicurezza (FS)	1.2831	- N.10 --	X	Y	Lambda= 0.3399
			20.42	135.92	
			20.98	135.93	
			21.27	135.94	
			21.48	135.94	
			21.67	135.95	
			21.83	135.95	
			22.00	135.95	
			22.17	135.96	
			22.33	135.96	
			22.50	135.96	
			22.66	135.97	
			22.83	135.97	
			23.00	135.98	
			23.16	135.98	
			23.33	135.98	
			23.50	135.99	
			23.67	135.99	
			23.84	135.99	
			24.00	136.00	
			24.17	136.00	
			24.33	136.01	
			24.49	136.02	
			24.66	136.03	
			24.82	136.04	
			24.99	136.05	
			25.17	136.07	
			25.33	136.09	
			25.50	136.10	
			25.66	136.12	
			25.82	136.15	
			25.98	136.17	
			26.15	136.20	
			26.31	136.23	
			26.48	136.26	
			26.65	136.29	
			26.82	136.33	
			26.99	136.36	
			27.15	136.39	
			27.32	136.42	
			27.49	136.46	
			27.65	136.49	
			27.82	136.52	
			27.98	136.55	
			28.15	136.58	
			28.32	136.62	
			28.48	136.65	
			28.65	136.68	
			28.83	136.71	
			29.01	136.75	
			29.21	136.79	
			29.37	136.83	
			29.52	136.88	
			29.65	136.93	
			29.81	137.02	
			29.96	137.11	
			30.15	137.25	
			30.44	137.49	
			31.06	138.01	

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR Fs *
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.216	60.5	49.8	0.8	Surplus
2	1.248	73.5	58.9	2.8	Surplus
3	1.250	62.8	50.2	2.5	Surplus
4	1.257	80.8	64.3	3.7	Surplus
5	1.265	69.7	55.1	3.6	Surplus
6	1.266	68.7	54.3	3.6	Surplus
7	1.274	74.6	58.6	4.3	Surplus
8	1.276	103.1	80.8	6.1	Surplus
9	1.277	79.8	62.4	4.8	Surplus
10	1.283	95.6	74.5	6.2	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 0.8

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di scivolamento
 FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

----- TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS -----

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W	ru (kN/m)	U (-)	phi' (kPa)	(c', Cu) (°)	(kPa)
	23.316	0.115	8.73	0.00	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.431	0.115	8.73	0.01	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.546	0.115	8.73	0.01	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.661	0.003	8.73	0.00	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.663	0.115	8.73	0.02	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.778	0.066	8.73	0.01	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.844	0.115	8.73	0.03	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.959	0.014	8.73	0.00	0.00	0.00	28.25	0.00
	23.973	0.027	8.73	0.01	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.000	0.090	8.73	0.04	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.090	0.103	8.73	0.09	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.193	0.104	8.73	0.14	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.296	0.103	8.73	0.19	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.399	0.103	8.73	0.24	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.503	0.102	8.73	0.28	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.605	0.103	8.73	0.33	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.708	0.103	8.73	0.38	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.811	0.104	8.73	0.43	0.00	0.00	28.25	0.00
	24.915	0.103	8.73	0.48	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.018	0.104	8.73	0.53	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.121	0.079	8.73	0.43	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.200	0.024	8.73	0.14	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.224	0.103	8.73	0.62	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.328	0.102	8.73	0.67	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.430	0.103	8.73	0.72	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.533	0.103	8.73	0.77	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.636	0.104	8.73	0.83	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.740	0.103	8.73	0.87	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.843	0.104	8.73	0.92	0.00	0.00	28.25	0.00
	25.946	0.103	8.73	0.97	0.00	0.00	28.25	0.00

26.050	0.103	8.73	1.02	0.00	0.00	28.25	0.00
26.153	0.102	8.73	1.06	0.00	0.00	28.25	0.00
26.255	0.103	8.73	1.12	0.00	0.00	28.25	0.00
26.358	0.042	8.73	0.46	0.00	0.00	28.25	0.00
26.400	0.062	8.73	0.70	0.00	0.00	28.25	0.00
26.462	0.104	8.73	1.22	0.00	0.00	28.25	0.00
26.565	0.103	8.73	1.27	0.00	0.00	28.25	0.00
26.668	0.104	8.73	1.32	0.00	0.00	28.25	0.00
26.772	0.103	8.73	1.37	0.00	0.00	28.25	0.00
26.875	0.103	8.73	1.42	0.00	0.00	28.25	0.00
26.978	0.102	8.73	1.46	0.00	0.00	28.25	0.00
27.080	0.103	8.73	1.52	0.00	0.00	28.25	0.00
27.184	0.103	8.73	1.57	0.00	0.00	28.25	0.00
27.287	0.104	8.73	1.62	0.00	0.00	28.25	0.00
27.390	0.103	8.73	1.66	0.00	0.00	28.25	0.00
27.493	0.104	8.73	1.72	0.00	0.00	28.25	0.00
27.597	0.003	8.73	0.06	0.00	0.00	28.25	0.00
27.600	0.100	8.73	1.69	0.00	0.00	28.25	0.00
27.700	0.103	8.73	1.77	0.00	0.00	28.25	0.00
27.803	0.102	8.73	1.77	0.00	0.00	28.25	0.00
27.905	0.103	8.73	1.80	0.00	0.00	28.25	0.00
28.009	0.103	8.73	1.81	0.00	0.00	28.25	0.00
28.112	0.104	8.73	1.84	0.00	0.00	28.25	0.00
28.215	0.103	8.74	1.84	0.00	0.00	28.25	0.00
28.318	0.104	8.74	1.87	0.00	0.00	28.25	0.00
28.422	0.103	8.74	1.88	0.00	0.00	28.25	0.00
28.525	0.103	8.74	1.90	0.00	0.00	28.25	0.00
28.628	0.102	8.74	1.90	0.00	0.00	28.25	0.00
28.731	0.069	8.74	1.29	0.00	0.00	28.25	0.00
28.800	0.034	8.74	0.63	0.00	0.00	28.25	0.00
28.834	0.103	8.74	1.90	0.00	0.00	28.25	0.00
28.937	0.104	8.74	1.88	0.00	0.00	28.25	0.00
29.041	0.103	8.74	1.84	0.00	0.00	28.25	0.00
29.143	0.107	8.74	1.87	0.00	0.00	28.25	0.00
29.250	0.109	8.74	1.88	0.00	0.00	28.25	0.00
29.359	0.115	8.74	1.94	0.00	0.00	28.25	0.00
29.474	0.002	8.74	0.03	0.00	0.00	28.25	0.00
29.476	0.115	8.74	1.90	0.00	0.00	28.25	0.00
29.591	0.012	8.74	0.19	0.00	0.00	28.25	0.00
29.603	0.097	12.53	1.57	0.00	0.00	28.25	0.00
29.700	0.089	17.90	1.40	0.00	0.00	28.25	0.00
29.789	0.079	24.24	1.19	0.00	0.00	28.25	0.00
29.868	0.094	29.73	1.34	0.00	0.00	28.25	0.00
29.963	0.037	36.11	0.50	0.00	0.00	28.25	0.00
30.000	0.055	36.11	3.86	0.00	0.00	28.25	0.00
30.055	0.115	40.53	7.91	0.00	0.00	28.25	0.00
30.170	0.001	40.53	0.08	0.00	0.00	28.25	0.00
30.171	0.115	43.49	7.69	0.00	0.00	28.25	0.00
30.286	0.065	43.49	4.25	0.00	0.00	28.25	0.00
30.351	0.115	44.67	7.31	0.00	0.00	28.25	0.00
30.466	0.115	44.67	7.06	0.00	0.00	28.25	0.00
30.581	0.115	44.67	6.81	0.00	0.00	28.25	0.00
30.696	0.046	44.67	2.68	0.00	0.00	28.25	0.00

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
dx(m) : Larghezza concio
alpha(°) : Angolo pendenza base concio
W(kN/m) : Forza peso concio
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale

U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio
 phi' (°) : Angolo di attrito efficace base concio
 c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	ht	yt	yt'	E(x)	T(x)	E'	rho(x)	FS qFEM	FS srmFEM
(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)	(kN/m)	(kN)	(--)	(--)	(--)
23.316	0.000	136.180	0.162	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	7.0764952320E-002	0.161	1.300	0.610
23.431	0.001	136.199	0.162	9.8717920053E-003	7.0374061490E-004	1.0103293201E-001	0.161	1.300	0.610
23.546	0.002	136.218	0.164	2.3222080863E-002	1.9412697492E-003	1.2523290342E-001	0.189	1.740	0.606
23.661	0.003	136.236	0.162	3.8656155203E-002	3.8018733600E-003	2.8641577659E-001	0.222	2.681	0.603
23.663	0.003	136.237	0.162	3.9380556133E-002	3.8910131881E-003	2.8858197972E-001	0.224	2.732	0.603
23.778	0.004	136.255	0.162	6.6506130466E-002	7.2675047288E-003	2.4003824111E-001	0.247	4.830	0.606
23.844	0.005	136.266	0.155	8.2502695206E-002	9.2741127841E-003	2.5281659622E-001	0.254	5.847	0.610
23.959	0.004	136.283	0.148	1.1365355223E-001	1.3235562646E-002	2.8823987246E-001	0.263	6.877	0.619
23.973	0.004	136.285	0.130	1.1773740336E-001	1.3762318481E-002	2.9595348753E-001	0.264	6.936	0.620
24.000	0.003	136.288	0.183	1.2595185069E-001	1.4824794782E-002	3.4031336038E-001	0.266	7.032	0.622
24.090	0.007	136.306	0.200	1.6659820773E-001	2.0252112503E-002	5.3240589990E-001	0.275	6.410	0.637
24.193	0.012	136.327	0.201	2.3074099026E-001	2.9133065207E-002	7.0887101658E-001	0.286	5.138	0.659
24.296	0.017	136.348	0.209	3.1302083868E-001	4.1153791606E-002	8.8062347972E-001	0.297	3.997	0.689
24.399	0.024	136.370	0.243	4.1266273979E-001	5.6813193492E-002	1.0522689916E+000	0.311	3.207	0.729
24.503	0.036	136.398	0.245	5.3023866994E-001	7.6781055162E-002	1.0595522015E+000	0.328	2.682	0.778
24.605	0.042	136.421	0.223	6.3071416874E-001	9.5968022194E-002	1.0006254953E+000	0.344	2.347	0.834
24.708	0.050	136.444	0.240	7.3606846799E-001	1.1784197358E-001	1.1007788997E+000	0.362	2.112	0.901
24.811	0.060	136.470	0.246	8.5790333803E-001	1.4486554254E-001	1.1549442119E+000	0.382	1.933	0.986
24.915	0.069	136.495	0.228	9.7472409901E-001	1.7141023914E-001	1.1169791284E+000	0.398	1.819	1.069
25.018	0.076	136.517	0.213	1.0884706820E+000	1.9746540926E-001	1.1035041527E+000	0.410	1.742	1.144
25.121	0.081	136.539	0.202	1.2024933606E+000	2.2374047343E-001	1.1218520536E+000	0.421	1.685	1.209
25.200	0.085	136.554	0.193	1.2920497729E+000	2.4478213222E-001	1.0811501536E+000	0.429	1.648	1.252
25.224	0.085	136.558	0.196	1.3180030631E+000	2.5091350442E-001	1.1020907208E+000	0.431	1.638	1.263
25.328	0.090	136.579	0.209	1.4485705003E+000	2.8293374182E-001	1.3677904010E+000	0.442	1.593	1.310
25.430	0.096	136.601	0.226	1.5991348977E+000	3.2179803608E-001	1.5838822314E+000	0.455	1.545	1.355
25.533	0.105	136.626	0.246	1.7745206314E+000	3.6968563958E-001	1.8305214938E+000	0.471	1.496	1.396
25.636	0.116	136.652	0.259	1.9769357053E+000	4.2808193797E-001	2.0418282950E+000	0.490	1.446	1.434
25.740	0.127	136.679	0.250	2.1965341755E+000	4.9464356251E-001	2.0936092295E+000	0.509	1.398	1.463
25.843	0.135	136.704	0.248	2.4091070663E+000	5.6205322114E-001	2.2282709487E+000	0.528	1.358	1.479
25.946	0.146	136.731	0.262	2.6566680799E+000	6.4253456664E-001	2.4851585474E+000	0.547	1.319	1.487
26.050	0.158	136.758	0.256	2.9226085175E+000	7.2971676461E-001	2.5301936452E+000	0.565	1.285	1.489
26.153	0.167	136.783	0.238	3.1789074255E+000	8.1359463776E-001	2.4426616635E+000	0.579	1.257	1.485
26.255	0.175	136.807	0.222	3.4250520292E+000	9.9399347214E-001	2.3666774150E+000	0.590	1.234	1.479
26.358	0.181	136.829	0.210	3.6655915049E+000	9.7311221354E-001	2.2906413903E+000	0.601	1.214	1.471
26.400	0.183	136.837	0.205	3.7600774037E+000	1.0048035218E+000	2.3190057607E+000	0.605	1.207	1.467
26.462	0.187	136.850	0.215	3.9069678119E+000	1.0546296737E+000	2.4676056685E+000	0.611	1.195	1.461
26.565	0.194	136.873	0.229	4.1769108069E+000	1.1496491168E+000	2.7748563310E+000	0.623	1.174	1.447
26.668	0.202	136.897	0.248	4.4795130661E+000	1.2612345016E+000	3.1221271113E+000	0.637	1.151	1.431
26.772	0.213	136.924	0.270	4.8215676334E+000	1.3938194780E+000	3.5127726968E+000	0.654	1.126	1.412
26.875	0.226	136.953	0.272	5.2052933033E+000	1.5493086401E+000	3.6695568187E+000	0.673	1.100	1.390
26.978	0.238	136.980	0.257	5.5789839684E+000	1.7070529777E+000	3.6042467884E+000	0.692	1.076	1.369
27.080	0.248	137.006	0.269	5.9466021401E+000	1.8663470692E+000	3.9118874049E+000	0.710	1.055	1.349
27.184	0.261	137.036	0.279	6.3840935156E+000	2.0568185854E+000	4.1832991069E+000	0.729	1.033	1.327
27.287	0.274	137.064	0.258	6.8100753900E+000	2.2401877039E+000	4.0150690320E+000	0.744	1.014	1.307
27.390	0.283	137.089	0.234	7.2137340319E+000	2.4084153758E+000	3.7962007889E+000	0.755	0.999	1.290
27.493	0.290	137.112	0.210	7.5937610604E+000	2.5596305546E+000	3.5900299715E+000	0.763	0.985	1.274
27.597	0.295	137.132	0.196	7.9546113086E+000	2.6959222856E+000	2.8647455435E+000	0.767	0.972	1.259
27.600	0.295	137.133	0.183	7.9640867177E+000	2.6993619729E+000	2.8677110392E+000	0.767	0.972	1.259
27.700	0.298	137.151	0.186	8.3189815262E+000	2.8260577045E+000	3.6978652340E+000	0.768	0.960	1.243
27.803	0.301	137.171	0.191	8.7160479460E+000	2.9640832674E+000	4.0229430022E+000	0.769	0.946	1.226
27.905	0.305	137.190	0.200	9.1460978901E+000	3.1143923513E+000	4.3856260225E+000	0.770	0.933	1.208
28.009	0.311	137.212	0.211	9.6183731947E+000	3.2817659156E+000	4.7459402747E+000	0.772	0.920	1.190
28.112	0.317	137.234	0.203	1.0125639671E+001	3.4613390360E+000	4.6155767147E+000	0.773	0.908	1.172
28.215	0.321	137.254	0.192	1.0571951110E+001	3.6131745062E+000	4.3991015441E+000	0.773	0.901	1.159
28.318	0.325	137.274	0.204	1.1033515415E+001	3.7518485913E+000	4.6725103635E+000	0.769	0.897	1.147
28.422	0.331	137.296	0.201	1.1536595971E+001	3.8687466413E+000	4.6590219933E+000	0.759	0.896	1.135
28.525	0.335	137.315	0.179	1.1996441273E+001	3.9478419448E+000	4.2767029835E+000	0.744	0.897	1.124
28.628	0.336	137.332	0.156	1.2419277518E+001	3.9942367914E+000	3.9403179152E+000	0.728	0.897	1.111
28.731	0.335	137.347	0.136	1.2807113172E+001	4.0169706986E+000	3.6552334087E+000	0.710	0.895	1.095
28.800	0.333	137.356	0.120	1.3054534863E+001	4.0247426653E+000	3.4675536386E+000	0.697	0.892	1.081
28.834	0.332	137.360	0.106	1.3170394115E+001	4.0279396174E+000	3.4722668967E+000	0.692	0.890	1.073

28.937	0.327	137.370	0.107	1.3545075903E+001	4.0411252395E+000	3.9887304488E+000	0.675	0.877	1.043
29.041	0.322	137.382	0.111	1.3994958794E+001	4.0757473278E+000	4.6679983906E+000	0.659	0.851	1.000
29.143	0.318	137.393	0.116	1.4508191588E+001	4.1521570463E+000	5.1090570259E+000	0.647	0.815	0.952
29.250	0.314	137.406	0.117	1.5066313415E+001	4.2894345493E+000	4.8863713891E+000	0.644	0.779	0.908
29.359	0.310	137.419	0.119	1.5561513456E+001	4.4887520688E+000	4.0179645689E+000	0.653	0.763	0.883
29.474	0.307	137.433	0.123	1.5961492693E+001	4.7693516440E+000	2.9259727549E+000	0.676	0.781	0.882
29.476	0.307	137.433	0.191	1.5966431695E+001	4.7743915335E+000	2.9140050694E+000	0.676	0.782	0.882
29.591	0.311	137.455	0.194	1.6271657733E+001	5.2098631724E+000	1.9680129240E+000	0.724	0.858	0.917
29.603	0.312	137.458	0.251	1.6293730918E+001	5.2573785173E+000	1.7841290847E+000	0.730	0.868	0.922
29.700	0.315	137.482	0.284	1.6374274985E+001	5.6691281858E+000	-2.7039151123E-001	0.783	0.972	0.971
29.789	0.314	137.511	0.343	1.6260172389E+001	6.0275137985E+000	-2.7380296829E+000	0.839	1.081	1.026
29.868	0.308	137.540	0.374	1.5940932180E+001	6.2581169461E+000	-5.0199577591E+000	0.888	1.177	1.077
29.963	0.290	137.576	0.392	1.5356557690E+001	6.3982085745E+000	-8.3741928413E+000	0.943	1.278	1.134
30.000	0.279	137.592	0.409	1.5010418368E+001	6.3578215261E+000	-9.5742422106E+000	0.958	1.317	1.155
30.055	0.260	137.613	0.396	1.4457104780E+001	6.2403415525E+000	-1.1008885419E+001	0.976	1.369	1.183
30.170	0.208	137.659	0.399	1.2965294749E+001	5.6993926026E+000	-1.3143008580E+001	0.994	1.489	1.249
30.171	0.207	137.660	0.439	1.2949756123E+001	5.6926593344E+000	-1.3180591951E+001	0.994	1.490	1.250
30.286	0.149	137.710	0.477	1.1033723536E+001	4.7831630202E+000	-2.0762366454E+001	0.981	1.618	1.317
30.351	0.122	137.745	0.594	9.5307486828E+000	3.9636300391E+000	-2.4323221874E+001	0.941	1.769	1.379
30.466	0.080	137.817	0.643	6.4832957443E+000	1.9485652500E+000	-2.4923767776E+001	0.680	2.531	1.631
30.581	0.043	137.893	0.691	3.8021041788E+000	5.7716081368E-001	-2.3426244225E+001	0.343	4.254	2.522
30.696	0.012	137.976	0.691	1.0988520102E+000	1.2829472862E-001	-2.3646555225E+001	0.264	1.047	1.340

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio
yt(m) : coordinata Y linea di trust
yt' (-) : gradiente pendenza locale linea di trust
E(x) (kN/m) : Forza Normale interconcio
T(x) (kN/m) : Forza Tangenziale interconcio
E' (kN) : derivata Forza normale interconcio
Rho(x) (-) : fattore mobilizzazione resistenza al taglio verticale interconcio
Zhu et al. (2003)
FS_qFEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM
FS_srmFEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM
Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	dx	dl	alpha	TauStress	TauF	TauStrength	TauS
(m)	(m)	(m)	(°)	(kPa)	(kN/m)	(kPa)	(kN/m)
23.316	0.115	0.116	8.730	0.005	0.001	0.014	0.002
23.431	0.115	0.116	8.730	0.014	0.002	0.040	0.005
23.546	0.115	0.116	8.730	0.023	0.003	0.066	0.008
23.661	0.003	0.003	8.730	0.028	0.000	0.085	0.000
23.663	0.115	0.116	8.730	0.032	0.004	0.096	0.011
23.778	0.066	0.067	8.730	0.040	0.003	0.115	0.008
23.844	0.115	0.116	8.730	0.047	0.005	0.136	0.016
23.959	0.014	0.014	8.730	0.052	0.001	0.150	0.002
23.973	0.027	0.027	8.730	0.054	0.001	0.156	0.004
24.000	0.090	0.091	8.730	0.095	0.009	0.271	0.025
24.090	0.103	0.104	8.730	0.180	0.019	0.506	0.053
24.193	0.104	0.105	8.730	0.272	0.028	0.759	0.079
24.296	0.103	0.104	8.730	0.364	0.038	1.014	0.106
24.399	0.103	0.104	8.730	0.455	0.048	1.271	0.133
24.503	0.102	0.104	8.730	0.547	0.057	1.511	0.156
24.605	0.103	0.104	8.730	0.638	0.067	1.761	0.184
24.708	0.103	0.104	8.730	0.730	0.076	2.020	0.211
24.811	0.104	0.105	8.730	0.821	0.086	2.261	0.237
24.915	0.103	0.104	8.730	0.913	0.095	2.503	0.261
25.018	0.104	0.105	8.730	1.005	0.105	2.746	0.288
25.121	0.079	0.080	8.730	1.086	0.086	2.964	0.236
25.200	0.024	0.025	8.730	1.132	0.028	3.081	0.076

25.224	0.103	0.104	8.730	1.190	0.124	3.257	0.340
25.328	0.102	0.104	8.730	1.285	0.133	3.531	0.366
25.430	0.103	0.104	8.730	1.380	0.144	3.810	0.398
25.533	0.103	0.104	8.730	1.474	0.154	4.096	0.427
25.636	0.104	0.105	8.730	1.569	0.164	4.373	0.458
25.740	0.103	0.104	8.730	1.664	0.173	4.629	0.482
25.843	0.104	0.105	8.730	1.759	0.184	4.922	0.515
25.946	0.103	0.104	8.730	1.854	0.193	5.196	0.542
26.050	0.103	0.104	8.730	1.949	0.204	5.436	0.568
26.153	0.102	0.104	8.730	2.044	0.212	5.677	0.588
26.255	0.103	0.104	8.730	2.138	0.223	5.921	0.619
26.358	0.042	0.042	8.730	2.205	0.093	6.096	0.256
26.400	0.062	0.062	8.730	2.252	0.140	6.237	0.389
26.462	0.104	0.105	8.730	2.328	0.244	6.475	0.678
26.565	0.103	0.104	8.730	2.423	0.252	6.783	0.706
26.668	0.104	0.105	8.730	2.518	0.264	7.101	0.744
26.772	0.103	0.104	8.730	2.613	0.273	7.430	0.775
26.875	0.103	0.104	8.730	2.708	0.283	7.688	0.803
26.978	0.102	0.104	8.730	2.802	0.290	7.948	0.823
27.080	0.103	0.104	8.730	2.897	0.303	8.297	0.867
27.184	0.103	0.104	8.730	2.992	0.312	8.525	0.890
27.287	0.104	0.105	8.731	3.087	0.323	8.724	0.914
27.390	0.103	0.104	8.731	3.182	0.331	8.922	0.929
27.493	0.104	0.105	8.731	3.277	0.343	9.121	0.955
27.597	0.003	0.003	8.731	3.326	0.011	9.153	0.031
27.600	0.100	0.101	8.731	3.342	0.338	9.278	0.937
27.700	0.103	0.104	8.732	3.373	0.352	9.381	0.980
27.803	0.102	0.104	8.732	3.403	0.353	9.507	0.985
27.905	0.103	0.104	8.733	3.434	0.359	9.640	1.007
28.009	0.103	0.104	8.734	3.465	0.362	9.762	1.019
28.112	0.104	0.105	8.735	3.496	0.366	9.750	1.021
28.215	0.103	0.104	8.736	3.527	0.367	9.790	1.019
28.318	0.104	0.105	8.737	3.558	0.373	9.796	1.026
28.422	0.103	0.104	8.738	3.589	0.375	9.753	1.018
28.525	0.103	0.104	8.739	3.620	0.378	9.725	1.016
28.628	0.102	0.104	8.740	3.651	0.378	9.728	1.008
28.731	0.069	0.070	8.740	3.676	0.258	9.758	0.685
28.800	0.034	0.034	8.740	3.677	0.126	9.754	0.334
28.834	0.103	0.104	8.740	3.638	0.380	9.661	1.008
28.937	0.104	0.105	8.740	3.578	0.375	9.575	1.003
29.041	0.103	0.104	8.740	3.519	0.366	9.558	0.995
29.143	0.107	0.108	8.740	3.459	0.373	9.586	1.034
29.250	0.109	0.111	8.740	3.397	0.376	9.605	1.063
29.359	0.115	0.116	8.740	3.333	0.387	9.647	1.122
29.474	0.002	0.002	8.740	3.299	0.006	9.742	0.017
29.476	0.115	0.116	8.740	3.266	0.380	9.931	1.155
29.591	0.012	0.012	8.740	3.229	0.038	9.937	0.117
29.603	0.097	0.100	12.528	4.162	0.415	9.267	0.923
29.700	0.089	0.094	17.901	5.270	0.494	8.040	0.754
29.789	0.079	0.087	24.237	6.245	0.542	6.566	0.570
29.868	0.094	0.109	29.734	6.643	0.722	5.431	0.590
29.963	0.037	0.046	36.110	6.830	0.317	4.801	0.223
30.000	0.055	0.068	36.110	35.605	2.423	24.233	1.649
30.055	0.115	0.151	40.530	35.918	5.431	21.861	3.305
30.170	0.001	0.002	40.530	35.428	0.055	21.868	0.034
30.171	0.115	0.158	43.487	35.079	5.556	20.618	3.266
30.286	0.065	0.090	43.487	34.231	3.072	21.695	1.947
30.351	0.115	0.162	44.672	33.338	5.388	22.351	3.612
30.466	0.115	0.162	44.672	32.210	5.205	19.913	3.218

30.581	0.115	0.162	44.672	31.082	5.023	16.658	2.692
30.696	0.046	0.065	44.672	30.290	1.975	15.885	1.036

 LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio
 dx(m) : Larghezza concio
 dl(m) : lunghezza base concio
 alpha (°) : Angolo pendenza base concio
 TauStress (kPa) : Sforzo di taglio su base concio
 TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio
 TauStrength (kPa) : Resistenza al taglio su base concio
 TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

Strato 2 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)
 CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauStrength (kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	117.50	53.31	60.45
50.00	156.81	50.29	65.25
75.00	192.88	48.02	70.94
100.00	227.06	46.18	77.42
125.00	258.11	44.71	82.74
150.00	289.17	43.39	89.57
175.00	317.69	42.27	95.06
200.00	345.36	41.28	100.72
225.00	371.92	40.39	106.13
250.00	399.64	39.52	113.50
275.00	423.23	38.82	117.31
300.00	450.41	38.06	125.43
325.00	472.93	37.46	129.29
350.00	496.14	36.88	134.37
375.00	520.08	36.29	140.65
400.00	541.63	35.79	144.88
425.00	563.76	35.30	150.11
450.00	586.50	34.81	156.33
475.00	609.84	34.33	163.53
500.00	630.35	33.92	168.09
600.00	709.71	32.44	186.34
700.00	787.88	31.15	207.23
800.00	863.60	30.01	228.77
900.00	935.51	29.02	249.02
1000.00	1002.27	28.18	266.13
1100.00	1067.69	27.40	283.89
1200.00	1131.22	26.70	301.47
1300.00	1192.25	26.06	318.02
1400.00	1256.13	25.43	339.18
1500.00	1310.64	24.92	351.53
2000.00	1585.74	22.67	433.15

Strato 3 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauSrength (kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	52.07	45.62	16.10
50.00	81.33	40.87	21.80
75.00	106.49	37.91	26.78
100.00	130.49	35.65	32.66
125.00	151.50	33.98	36.94
150.00	171.82	32.58	41.61
175.00	191.92	31.34	46.96
200.00	210.22	30.33	51.19
225.00	228.61	29.39	56.15
250.00	245.60	28.60	60.18
275.00	262.21	27.88	64.30
300.00	278.26	27.23	68.25
325.00	295.15	26.58	73.50
350.00	309.64	26.06	76.54
375.00	324.76	25.55	80.57
400.00	340.54	25.04	85.61
425.00	355.16	24.59	89.68
450.00	368.42	24.19	92.55
475.00	382.65	23.79	96.70
500.00	395.86	23.43	99.96
600.00	448.53	22.13	114.80
700.00	497.71	21.07	128.52
800.00	545.28	20.15	142.66
900.00	589.87	19.38	155.39
1000.00	633.38	18.69	168.51
1100.00	675.03	18.08	180.98
1200.00	714.01	17.55	191.72
1300.00	753.54	17.05	204.14
1400.00	791.29	16.60	215.57
1500.00	828.99	16.18	227.85
2000.00	1000.30	14.55	281.05

Strato 4 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauSrength (kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	124.35	55.52	63.09
50.00	167.40	52.61	68.49
75.00	205.84	50.50	73.68
100.00	243.60	48.73	80.95
125.00	277.15	47.33	86.10
150.00	310.37	46.09	92.47
175.00	342.83	44.98	99.37
200.00	374.17	44.00	106.21
225.00	404.00	43.13	112.46
250.00	431.97	42.36	117.63
275.00	461.04	41.61	124.62
300.00	487.83	40.95	129.92
325.00	515.52	40.31	136.72
350.00	540.52	39.75	141.29
375.00	566.25	39.21	147.08
400.00	592.73	38.67	154.09
425.00	616.04	38.21	158.24
450.00	639.92	37.76	163.36

475.00	664.39	37.32	169.45
500.00	689.46	36.88	176.50
600.00	777.54	35.44	195.01
700.00	868.03	34.12	220.12
800.00	949.76	33.04	239.48
900.00	1031.30	32.05	261.53
1000.00	1106.07	31.21	278.94
1100.00	1178.67	30.45	296.26
1200.00	1254.92	29.70	319.42
1300.00	1321.38	29.09	333.95
1400.00	1390.66	28.48	353.07
1500.00	1455.52	27.94	368.93
2000.00	1775.69	25.60	462.18

Strato 5 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauStrength(kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	37.66	38.44	10.29
50.00	59.98	33.04	15.46
75.00	79.07	29.83	20.26
100.00	96.07	27.58	24.62
125.00	112.02	25.83	29.10
150.00	126.43	24.47	32.87
175.00	140.25	23.33	36.74
200.00	153.40	22.35	40.50
225.00	166.11	21.49	44.29
250.00	178.09	20.75	47.75
275.00	189.55	20.10	51.01
300.00	200.79	19.50	54.37
325.00	211.67	18.97	57.65
350.00	222.64	18.46	61.30
375.00	232.46	18.03	63.93
400.00	242.77	17.60	67.33
425.00	252.30	17.22	70.08
450.00	262.27	16.85	73.51
475.00	271.28	16.53	76.05
500.00	280.66	16.21	79.18
600.00	315.43	15.13	90.08
700.00	348.87	14.24	101.45
800.00	379.33	13.52	111.09
900.00	408.57	12.90	120.68
1000.00	436.98	12.36	130.46
1100.00	463.88	11.89	139.51
1200.00	490.06	11.47	148.60
1300.00	514.67	11.10	156.68
1400.00	538.03	10.78	163.99
1500.00	561.99	10.46	172.61
2000.00	670.20	9.26	209.96

Strato 6 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauSrength(kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	21.23	24.47	5.61
50.00	33.64	19.53	9.17
75.00	43.82	16.90	12.27
100.00	52.83	15.16	15.18
125.00	60.91	13.90	17.78
150.00	68.42	12.93	20.31
175.00	75.37	12.15	22.63
200.00	81.80	11.51	24.69
225.00	88.08	10.96	26.89
250.00	93.92	10.50	28.82
275.00	99.65	10.08	30.84
300.00	105.01	9.72	32.60
325.00	110.40	9.39	34.58
350.00	115.38	9.10	36.23
375.00	120.27	8.84	37.90
400.00	125.24	8.59	39.78
425.00	129.79	8.37	41.29
450.00	134.33	8.17	42.89
475.00	138.85	7.97	44.55
500.00	143.03	7.80	45.91
600.00	159.48	7.20	51.77
700.00	174.74	6.73	57.23
800.00	188.87	6.34	62.16
900.00	202.44	6.02	67.08
1000.00	215.46	5.74	71.91
1100.00	227.63	5.50	76.22
1200.00	239.51	5.29	80.60
1300.00	251.04	5.09	84.93
1400.00	262.00	4.93	88.92
1500.00	272.57	4.78	92.73
2000.00	321.42	4.19	110.64

Strato 7 -- Parametri di resistenza al taglio equivalenti dell'ammasso roccioso stimati secondo criterio di rottura non lineare Hoek et al.(2002)

CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)
 Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - ATTIVATO

SigmaN' (kPa)	TauSrength(kPa)	Phi' (deg)	c' (kPa)
25.00	21.23	24.47	5.61
50.00	33.64	19.53	9.17
75.00	43.82	16.90	12.27
100.00	52.83	15.16	15.18
125.00	60.91	13.90	17.78
150.00	68.42	12.93	20.31
175.00	75.37	12.15	22.63
200.00	81.80	11.51	24.69
225.00	88.08	10.96	26.89
250.00	93.92	10.50	28.82
275.00	99.65	10.08	30.84
300.00	105.01	9.72	32.60
325.00	110.40	9.39	34.58
350.00	115.38	9.10	36.23
375.00	120.27	8.84	37.90
400.00	125.24	8.59	39.78
425.00	129.79	8.37	41.29
450.00	134.33	8.17	42.89
475.00	138.85	7.97	44.55

500.00	143.03	7.80	45.91
600.00	159.48	7.20	51.77
700.00	174.74	6.73	57.23
800.00	188.87	6.34	62.16
900.00	202.44	6.02	67.08
1000.00	215.46	5.74	71.91
1100.00	227.63	5.50	76.22
1200.00	239.51	5.29	80.60
1300.00	251.04	5.09	84.93
1400.00	262.00	4.93	88.92
1500.00	272.57	4.78	92.73
2000.00	321.42	4.19	110.64

All. 13 - Grafici elaborazioni stabilità del versante

Plot 1 - Totale superfici con FS<1

SSAP 5.0.2 (2021) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 24/5/2021
 Località :
 Descrizione :
 [n] = N s trato o lente

Sn --> Sovraccarico

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	28.25	0	0	18.50	18.50	0	0	0	0
2	0	0	0	18.50	18.50	35.00	39.00	7.00	0.50
3	0	0	0	18.50	18.50	35.00	20.00	7.00	0.50
4	0	0	0	18.50	18.50	35.00	30.00	7.00	0
5	0	0	0	18.50	18.50	15.00	25.00	7.00	0.70
6	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70
7	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70

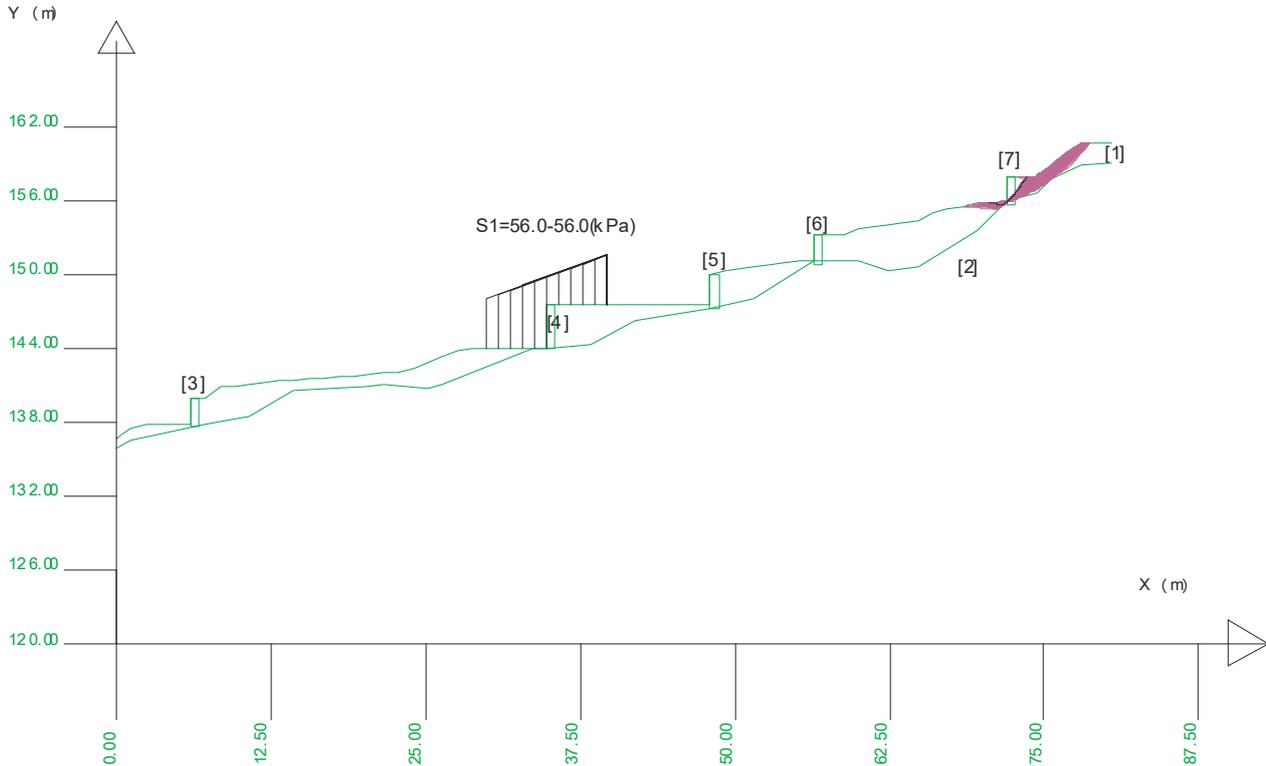
Modello di calcolo : Borselli (2016)

SUPERFICI REGISTRATE CON Fs ENTRO INTERVALLO PREDEFINITO

Fs minimo : 0.5000
 Fs massimo : 1.0000
 N.Superfici plottate : 221
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0480
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0240

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 32
 Range X inizio generazione : 1.6 - 74.0
 Range X termine generazione : 9.7 - 78.8
 Livello Y minimo considerato : 107.6



Plot 2 - Totale superfici con $1 < FS < 1.2$

SSAP 5.0.2 (2021) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Ged. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 24/5/2021
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	28.25	0	0	18.50	18.50	0	0	0	0
2	0	0	0	18.50	18.50	35.00	39.00	7.00	0.50
3	0	0	0	18.50	18.50	35.00	20.00	7.00	0.50
4	0	0	0	18.50	18.50	35.00	30.00	7.00	0
5	0	0	0	18.50	18.50	15.00	25.00	7.00	0.70
6	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70
7	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70

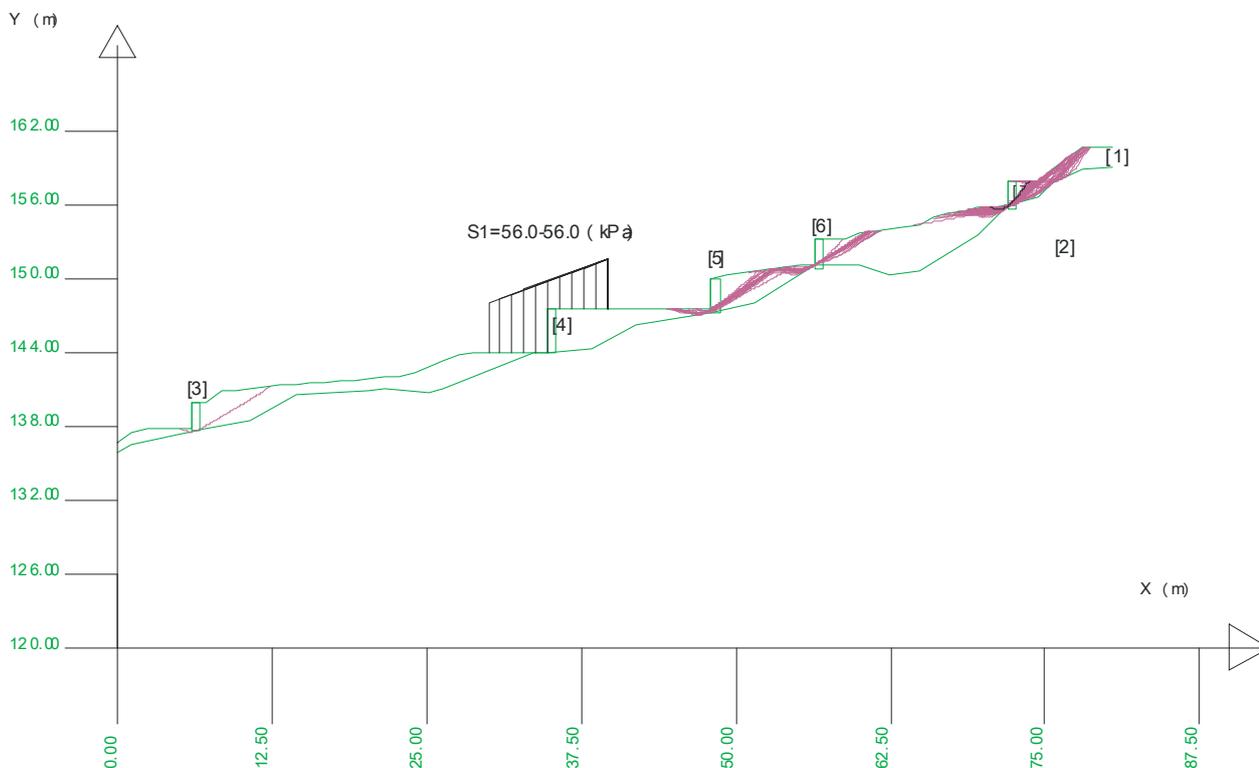
Modello di calcolo : Borselli (2016)

SUPERFICI REGISTRATE CON F_s ENTRO INTERVALLO PREDEFINITO

Fs minimo : 1.0000
 Fs massimo : 1.2000
 N Superfici plottate : 100
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0480
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0240

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.2
 Range X inizio generazione : 1.6 - 74.0
 Range X termine generazione : 9.7 - 78.8
 Livello Y minimo considerato : 107.6



Plot 3 - Rappresentazione delle 10 superfici più critiche fino a progressiva 48.8

SSAP 5.0.2 (2021) - Slope Stability Analysis Program
 Software by Dr.Geol. L.Borselli -www.loranzo-borselli.eu
 SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 24/5/2021
 Localita' :
 Descrizione :
 [n] = N. strato lento

Sn -> Sovraccarico

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	28.25	0	0	18.50	18.50	0	0	0	0
2	0	0	0	18.50	18.50	35.00	39.00	7.00	0.50
3	0	0	0	18.50	18.50	35.00	20.00	7.00	0.50
4	0	0	0	18.50	18.50	35.00	30.00	7.00	0
5	0	0	0	18.50	18.50	15.00	25.00	7.00	0.70
6	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70
7	0	0	0	18.50	18.50	3.00	25.00	6.00	0.70

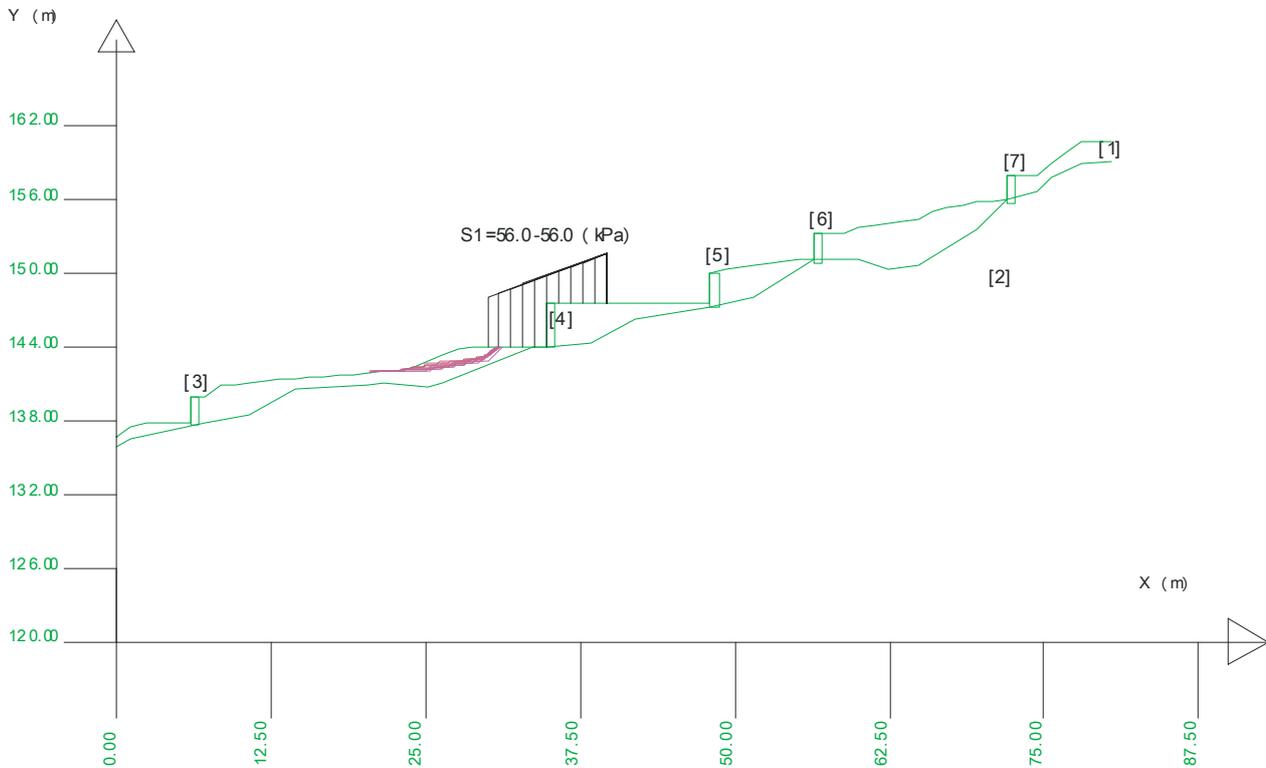
Modello di calcolo : Borselli (2016)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

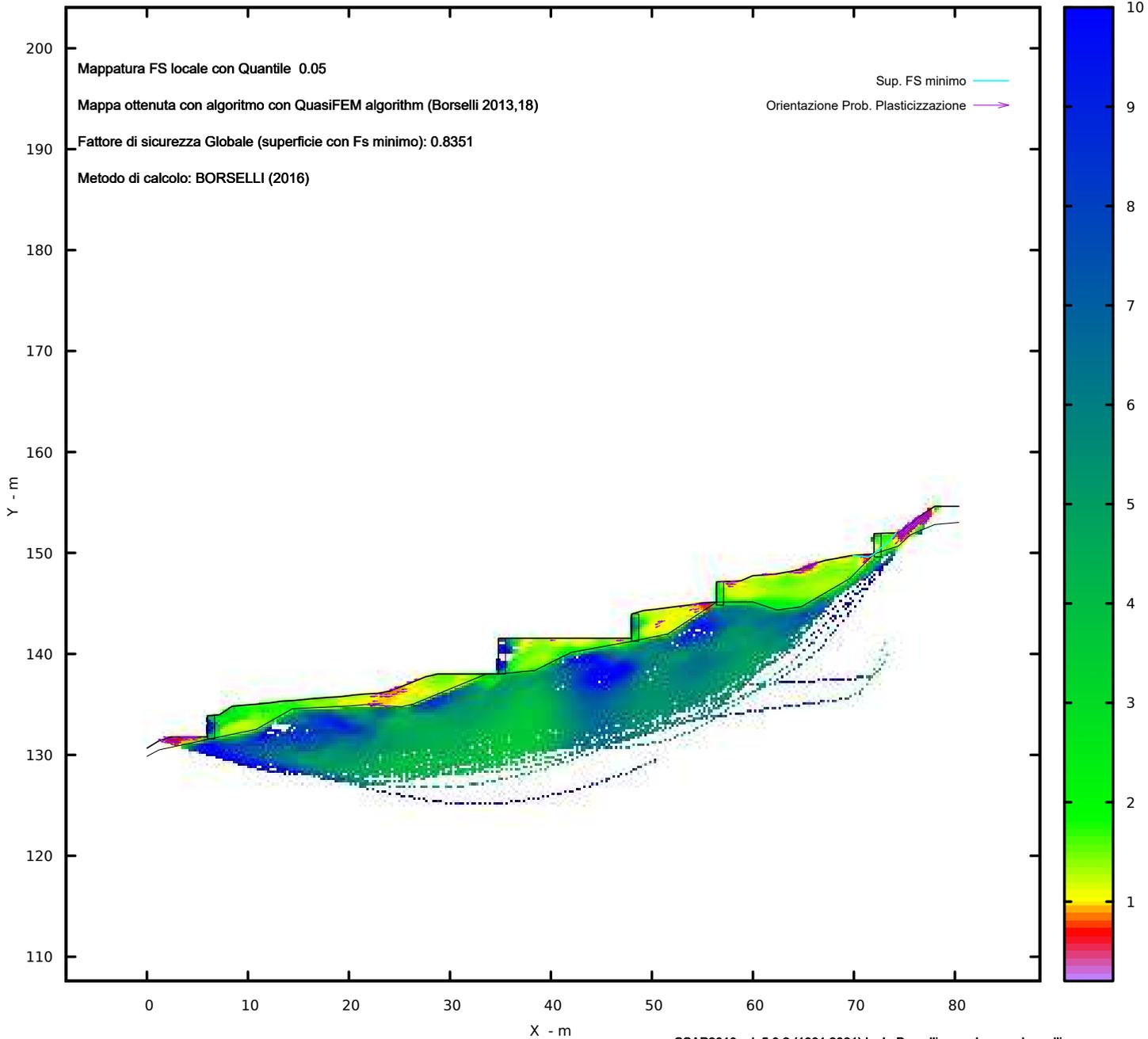
Fs minimo : 1.2155
 Range Fs : 1.2155 - 1.2831
 Differenza % Range Fs : 5.27
 Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0480
 Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0240

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

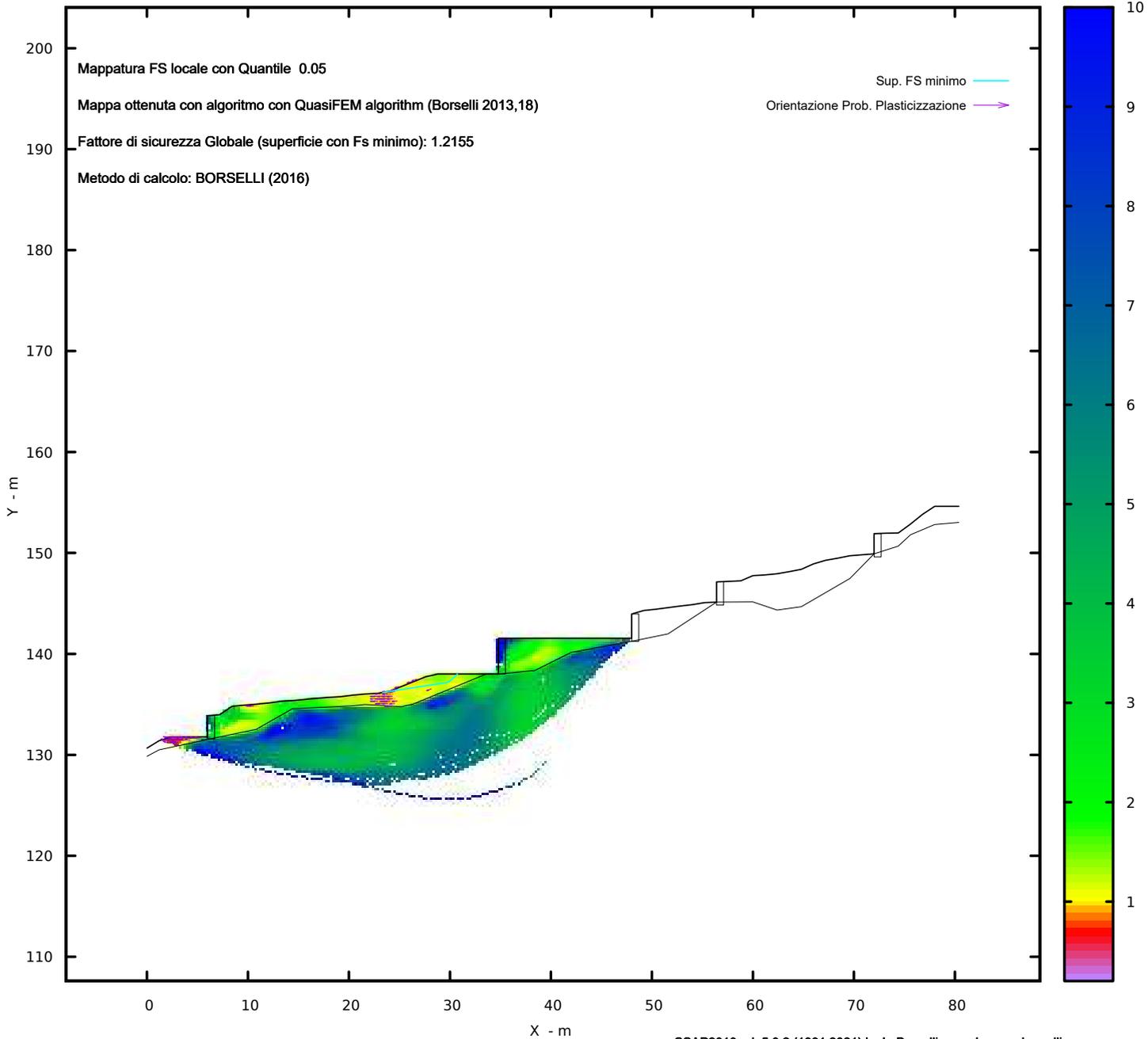
Campione Superfici - N: 10000
 Lunghezza media segmenti (m) : 3.2
 Range X inizio generazione : 1.6 - 45.0
 Range X termine generazione : 9.7 - 48.8
 Livello Y minimo considerato : 107.6



MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Firmato da:

LENZI ALESSANDRO

codice fiscale LNZLSN58M17G999I

num.serie: 76773697558709880600006311825290719585

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 23/11/2020 al 24/11/2023