



COMUNE DI FANANO PROVINCIA DI MODENA

Comparto produttivo "La Cella"

Proposta di Variante al
Piano Regolatore di
Fanano

RELAZIONE GEOLOGICA

Dicembre 2020



1 PREMESSA

La presente viene redatta per conto del Sig. Foli Luigi e in coordinamento con il Comune di Fanano. Ha per oggetto l'analisi degli aspetti geologici di dettaglio di un'area posta in adiacenza al Villaggio Artigianale "La Cella" nel Comune di Fanano, per effettuare una proposta di variante al piano regolatore di Fanano. Si tratta di una riduzione dell'attuale area, compresa nel comparto produttivo.

2 RIFERIMENTO NORMATIVO

- Deliberazione della giunta regionale 630 del 2019
- Circolare Esplicativa con le Istruzioni alle Norme Tecniche per le Costruzioni - Consiglio Superiore dei LLPP – 21 gennaio 2019
- DM 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"
- Deliberazione della giunta regionale 2193 del 2015
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – istruzioni per l'applicazione delle norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008. Circolare 2 febbraio 2009
- DM MIN 14.01.2008 – testo unitario – Norme tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – progettazione geotecnica – parte I: Regole Generali. UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – progettazione geotecnica – parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

3 LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

Cartografia IGMI : FOGLIO 97 - Tavoletta I SO FANANO scala 1/25000

Carta Tecnica Regionale 2013:

- a) scala 1/25000 : TAVOLE 236 SO SESTOLA, 236 SE MONTESE
- b) scala 1/10000 : SEZIONE 236140 SESTOLA E 236150 MONTE BELVEDERE
- c) scala 1/5000 : ELEMENTI 236141 TRENINO, 236154 BOSCO DEI TAMARONI



Ortofoto AGEA, anno 2014: 236140 SESTOLA e 236150 MONTE BELVEDERE

Coordinate dell'area:

Latitudine (WGS84): 44,2356377 [°]

Longitudine (WGS84): 10,8319378 [°]

Identificazione catastale: Comune di Fanano, Foglio 9, Mapp. 379 e 529

Bacino idrografico principale: TORRENTE LEO

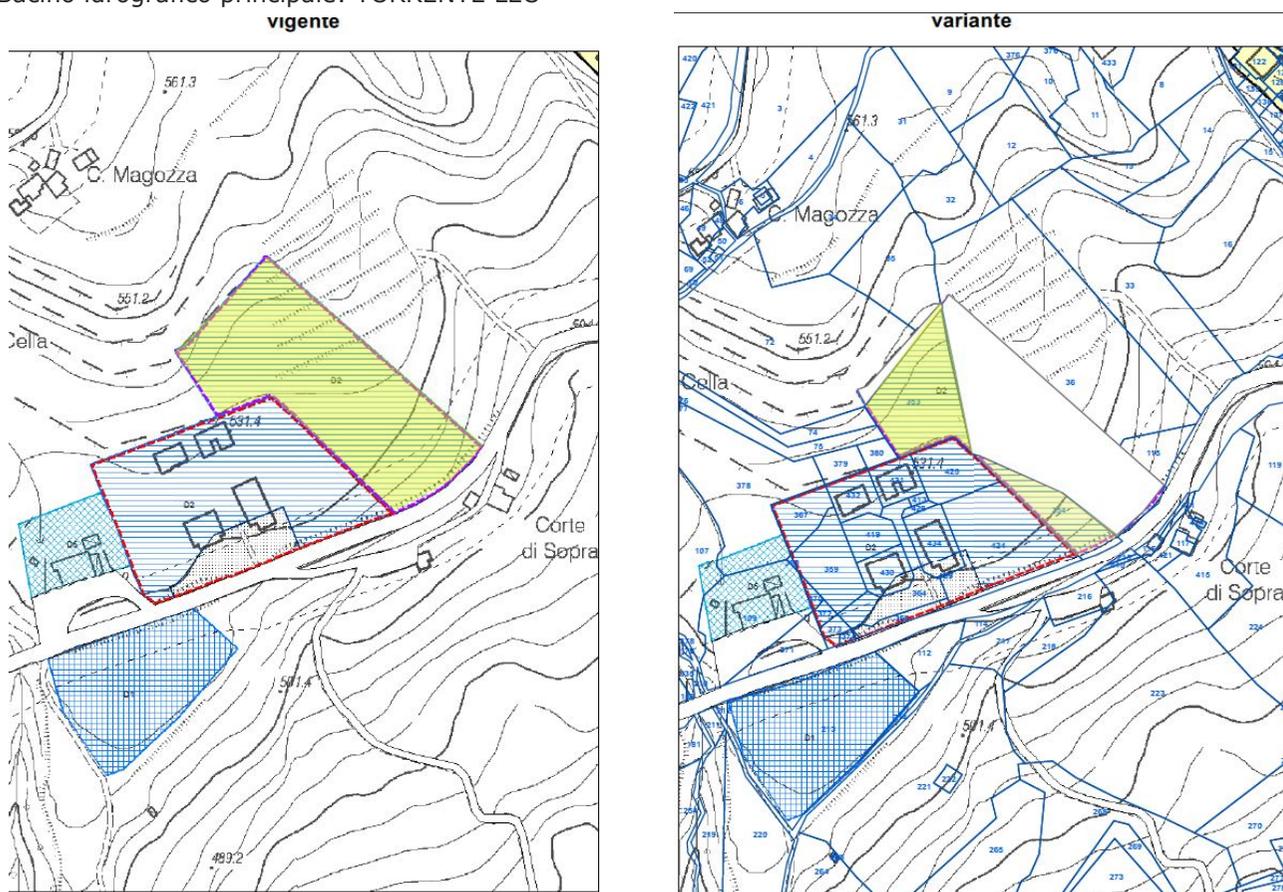


Figura 1 - Inquadramento Area Vigente (a sx) e di Variante (a dx)

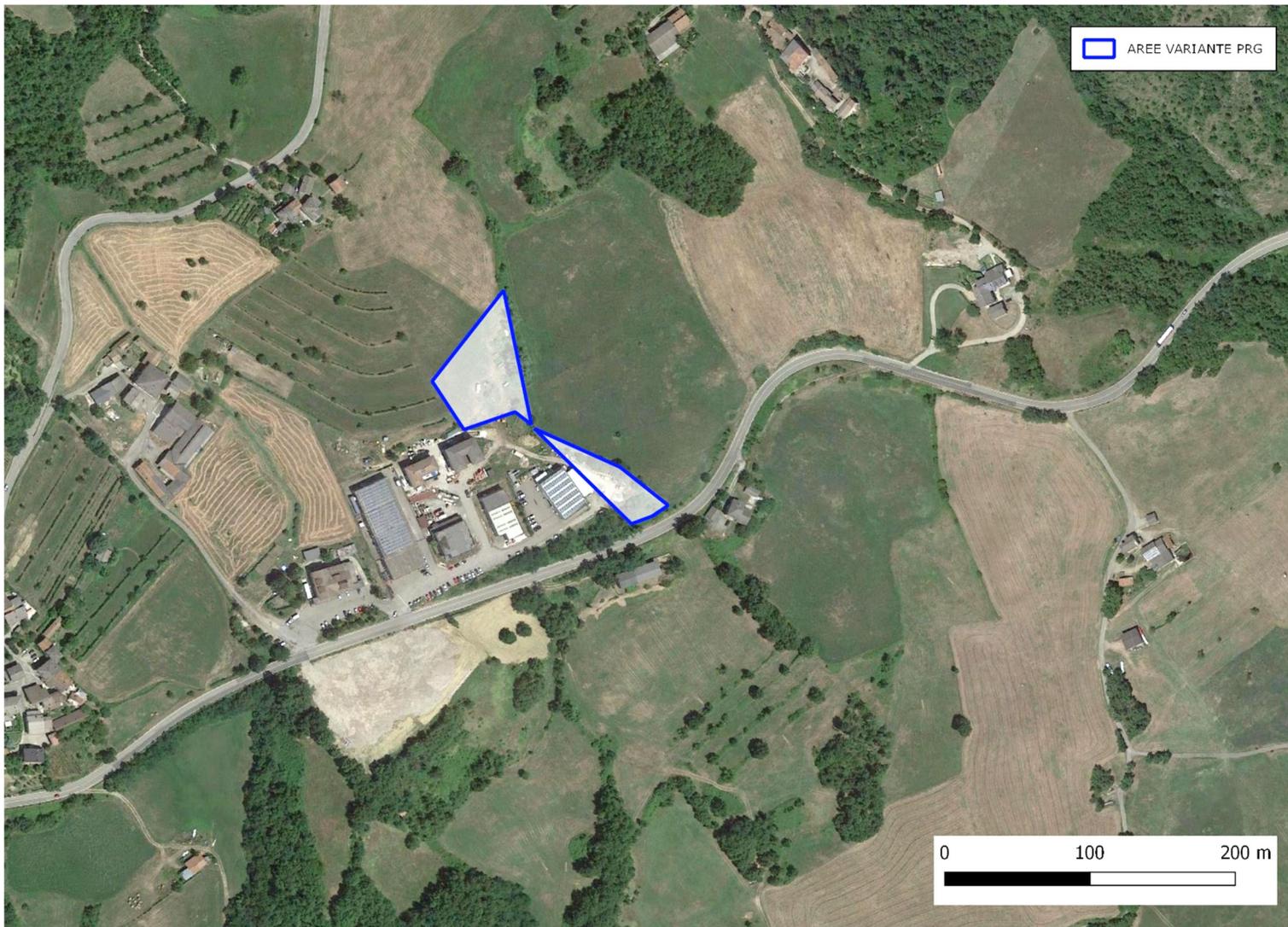


Figura 2 – Aree di Variante – Immagine SAT



La testata del versante mostra i segni di una marcata azione tettonica determinante sistemi di faglie e fratture in reticolo tipicamente appenninico (NO-SE e NE-SO) a cui si intersecano litoclasti in sistemi secondari. I flysch evidenziano marginalmente volumi dislocati verso sud la cui presenza, in lembi distensivi formanti gradoni via via più scollati, caratterizza tutto il versante, fino al Torrente Leo. Il movimento delle masse rocciose ha poi favorito l'accumulo di detriti che le ricoprono in parte. Questi sono costituiti da depositi di falda al piede delle principali scarpate e da limi argillosi o argille limose, contenenti pietrame arenaceo di pezzatura eterogenea, di genesi tettonica e colluviale.

I clasti hanno origine nel disfacimento della roccia torbiditica. Gli spessori delle coltri detritiche vengono misurati in $5 \div 10$ m.

Più a est, la formazione argillosa APA è caratterizzata da estese coperture di detriti di origine gravitativa parzialmente e periodicamente attivi.

La stratigrafia ricomprende le seguenti Unità Liguri:

MOV - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m. Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.

gruppo **F13** - Formazione di Monte Venere

sigla litotecnica **Blp** - Rocce costituite da alternanze tre livelli lapidei e livelli pelitici

litotecnica: Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

AMG - Arenarie di Monte Gabba

gruppo **F08B** - Unità torbiditiche arenitico - pelitiche pre - Flysch

sigla litotecnica **BI** - Rocce costituite da alternanze con livelli lapidei prevalenti

litotecnica: Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P > 3$.

APA - Argille a palombini

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcario quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora manganeseferre) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso

"boudinati". Nei Fogli 219 -236 all'interno della formazione sono talora presenti lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), breccie ofiolitiche (bo), breccie poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1). Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. Barremiano - Turoniano?

gruppo **F06** - Argille a Palombini

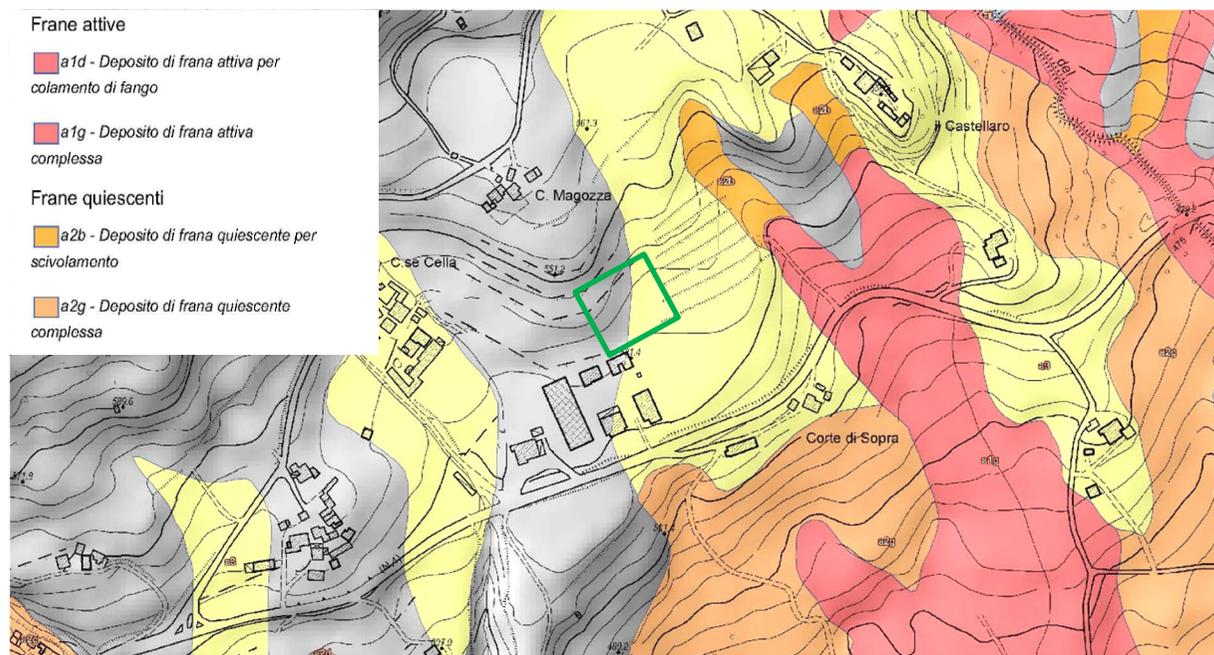
sigla litotecnica **Dsc** - Argille scagliose litotecnica: Argille intensamente tettonizzate, argilliti - unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione ("argille scagliose")



4.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

4.2.1 Geomorfologia e depositi continentali quaternari

In base alla genesi ed allo stato d'attività, i depositi superficiali recenti (Quaternario) possono essere divisi in tre tipologie differenti; lo spessore è generalmente limitato a pochi metri per i depositi di versante e molto variabile, da pochi metri alla decina di metri, per i corpi di frana. Si riportano le descrizioni delle tipologie di sedimento che interessano la fascia di versante cartografata.



Le aree si pongono su coltre di detrito s.l.

a1g - Deposito di frana attiva complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a2g - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a2b - deposito di frana quiescente per scivolamento

a3 - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).



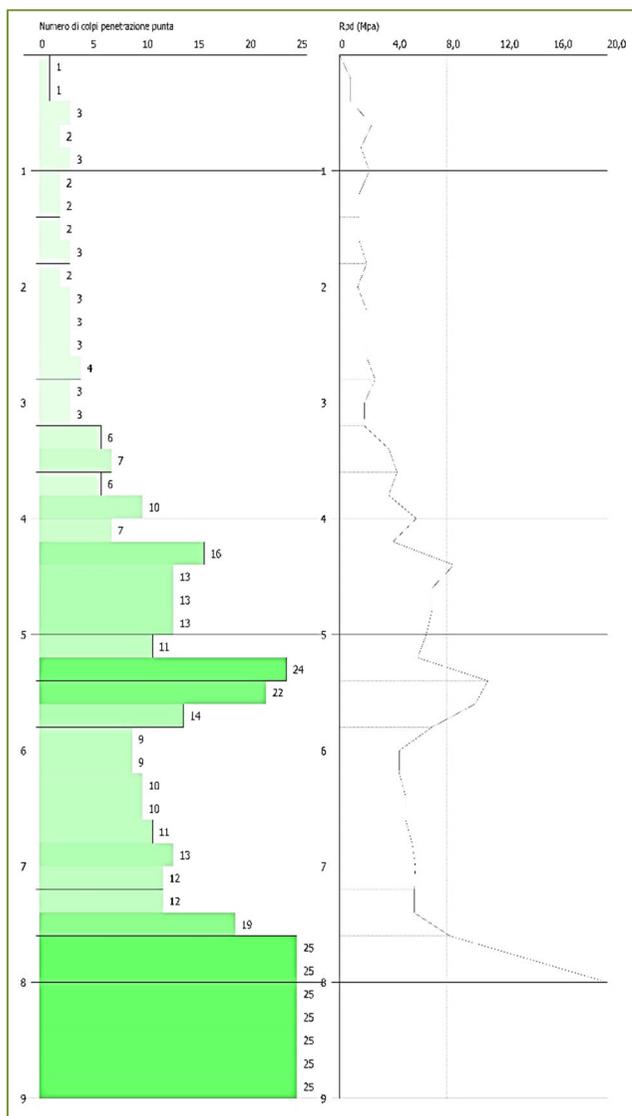
5.1 INDAGINI DI REPERTORIO E NUOVE MISURAZIONI

Ho ritenuto di riprendere le prove e i sondaggi effettuati in corrispondenza del Comparto Produttivo "La Cella" di cui ho conservato documentazione a partire dal 1995.

Per motivi pratici, in questa trattazione non verranno riportate le certificazioni di tutte le indagini relative.

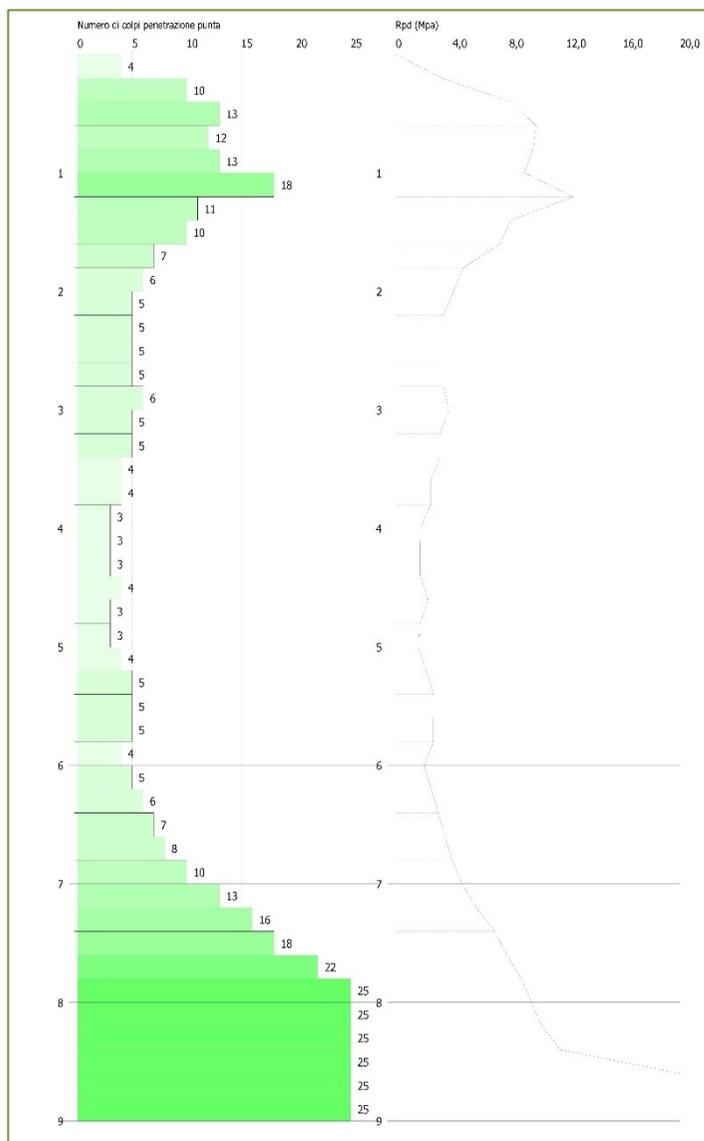
Successivamente, ho proceduto con l'organizzazione di campagna geognostica specifica, finalizzata alla caratterizzazione sismica e ad approfondimenti per la parte geotecnica.

Figura 4 – Carta delle Indagini da bibliografia (1996-2008 con prospezioni e misurazioni 2018/2019 e nuove prove del 2020



Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	NSPT	Descrizione
2	2,1	1,89	Coesivo	16,08	3,13	A
3,4	3,57	2,84	Coesivo	44,38	5,32	AL
5,2	10,67	7,64	Coesivo	74,96	15,91	AL
5,8	20	13,57	Incoerente	99,59	29,82	LS
7,4	10,75	6,74	Coesivo	120,84	16,03	AL

Figura 6 – Diagramma e tabella prova penetrometrica DPSH4 - 1993

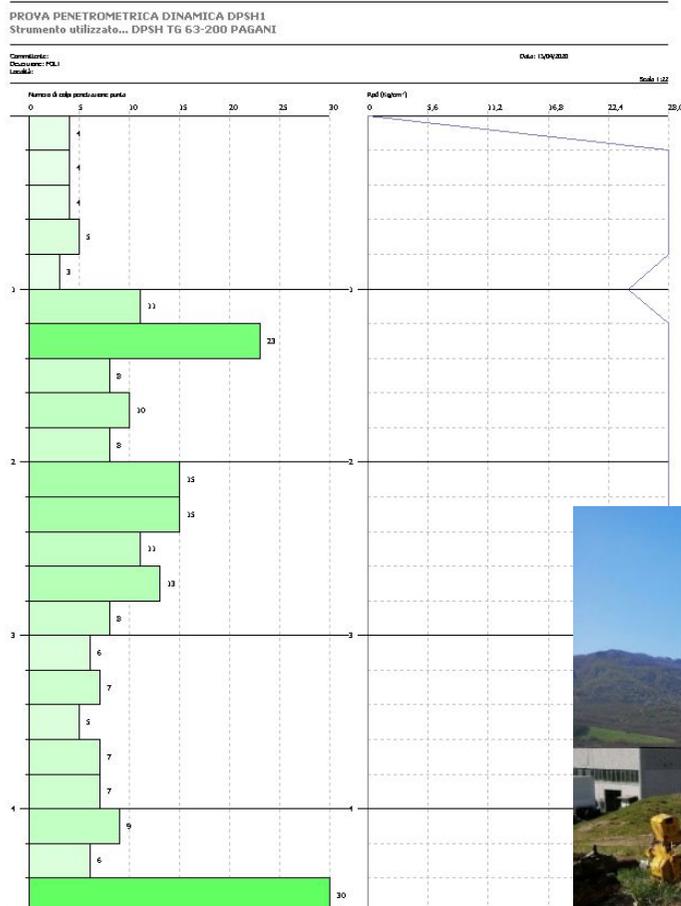


Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Tensione efficace (KPa)	NSPT	Descrizione
1,8	10,89	9,91	Incoerente	16,86	16	
3,4	5,25	4,2	Coesivo	48,31	7	LA
5,2	3,44	2,49	Coesivo	78,43	5	AL
6,6	5,29	3,47	Coesivo	106,73	7	LA
8,4	19,11	11,37	Incoerente	138,12	28	AL

Figura 7 – Diagramma e tabelle prova penetrometrica DPSH - 1997

5.2 PROVE DPSH SITO SPECIFICHE

Il giorno 15 aprile 2020 sono state effettuate altre 3 prove DPSH sito specifiche. Di seguito le tabelle e i grafici.



PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data 15/04/2020

Profondità prova 4,60 mt

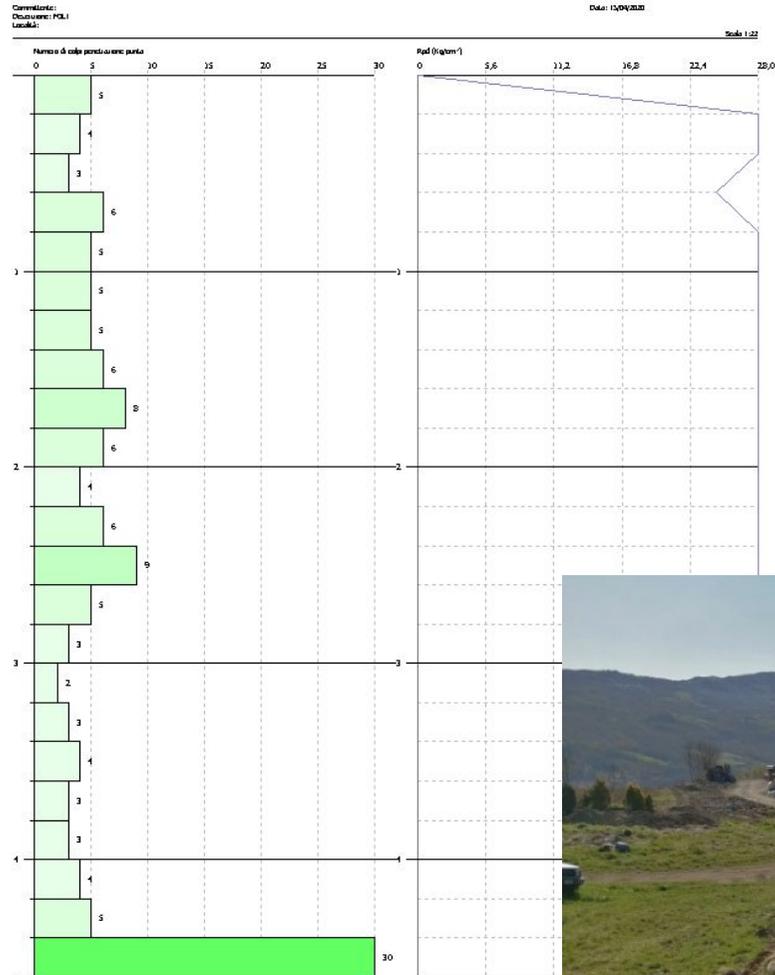
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	35,92	1,80
0,40	4	0,851	35,76	1,79
0,60	4	0,847	32,67	1,63
0,80	5	0,843	40,66	2,03
1,00	3	0,840	24,29	1,21
1,20	11	0,836	88,71	4,44
1,40	23	0,733	162,55	8,13
1,60	8	0,830	59,14	2,96
1,80	10	0,826	73,63	3,68
2,00	8	0,823	58,68	2,93
2,20	15	0,770	102,94	5,15
2,40	15	0,767	102,54	5,13
2,60	11	0,814	74,18	3,71
2,80	13	0,761	81,98	4,10
3,00	8	0,809	53,58	2,68
3,20	6	0,806	40,05	2,00
3,40	7	0,803	46,57	2,33
3,60	5	0,801	30,98	1,55
3,80	7	0,798	43,23	2,16
4,00	7	0,796	43,10	2,16
4,20	9	0,794	55,26	2,76
4,40	6	0,791	36,73	1,84
4,60	50	0,589	213,80	10,69



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI



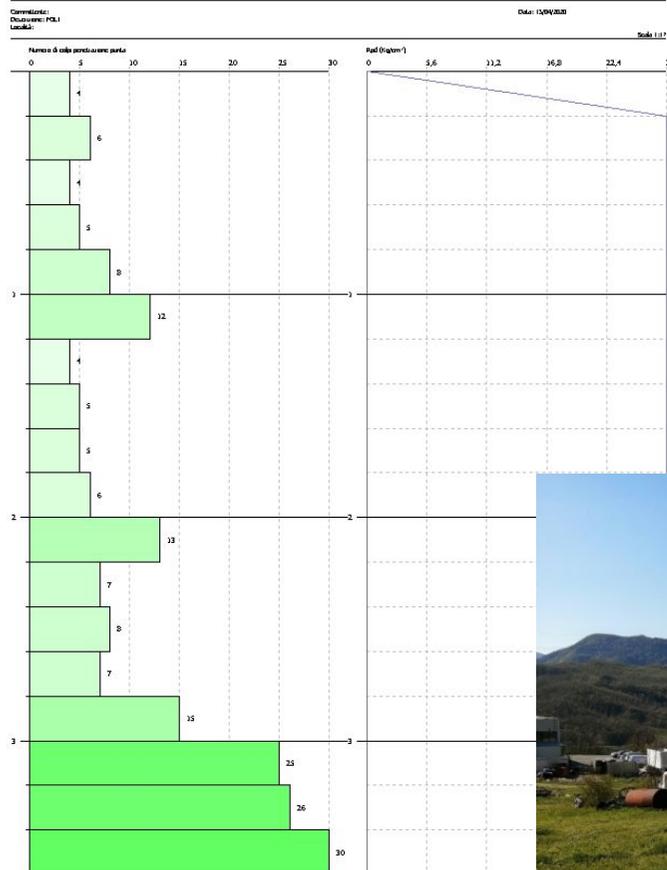
PROVA DPSH2

Strumento utilizzato DPSH TG 63-200 PAGANI
Prova eseguita in data 15/04/2020
Profondità prova 4,60 mt
Falda non rilevata
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	44,90	2,24
0,40	4	0,851	35,76	1,79
0,60	3	0,847	24,50	1,23
0,80	6	0,843	48,80	2,44
1,00	5	0,840	40,49	2,02
1,20	5	0,836	40,32	2,02
1,40	5	0,833	40,16	2,01
1,60	6	0,830	44,35	2,22
1,80	8	0,826	58,91	2,95
2,00	6	0,823	44,01	2,20
2,20	4	0,820	29,23	1,46
2,40	6	0,817	43,69	2,18
2,60	9	0,814	60,69	3,03
2,80	5	0,811	33,60	1,68
3,00	3	0,809	20,09	1,00
3,20	2	0,806	13,35	0,67
3,40	3	0,803	19,96	1,00
3,60	4	0,801	24,78	1,24
3,80	3	0,798	18,53	0,93
4,00	3	0,796	18,47	0,92
4,20	4	0,794	24,56	1,23
4,40	5	0,791	30,61	1,53
4,60	50	0,589	213,80	10,69



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI



PROVA DPSH3

Strumento utilizzato **DPSH TG 63-200**
PAGANI
 Prova eseguita in data **15/04/2020**
 Profondità prova **3,60** mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	4	0,855	35,92	1,80
0,40	6	0,851	53,64	2,68
0,60	4	0,847	32,67	1,63
0,80	5	0,843	40,66	2,03
1,00	8	0,840	64,78	3,24
1,20	12	0,836	96,77	4,84
1,40	4	0,833	32,13	1,61
1,60	5	0,830	36,96	1,85
1,80	5	0,826	36,82	1,84
2,00	6	0,823	44,01	2,20
2,20	13	0,770	89,21	4,46
2,40	7	0,817	50,97	2,55
2,60	8	0,814	53,95	2,70
2,80	7	0,811	47,04	2,35
3,00	15	0,759	94,25	4,71
3,20	25	0,706	146,17	7,31
3,40	26	0,703	151,46	7,57
3,60	50	0,601	232,40	11,62



5.3 INDAGINI MASW E MISURE HVSR

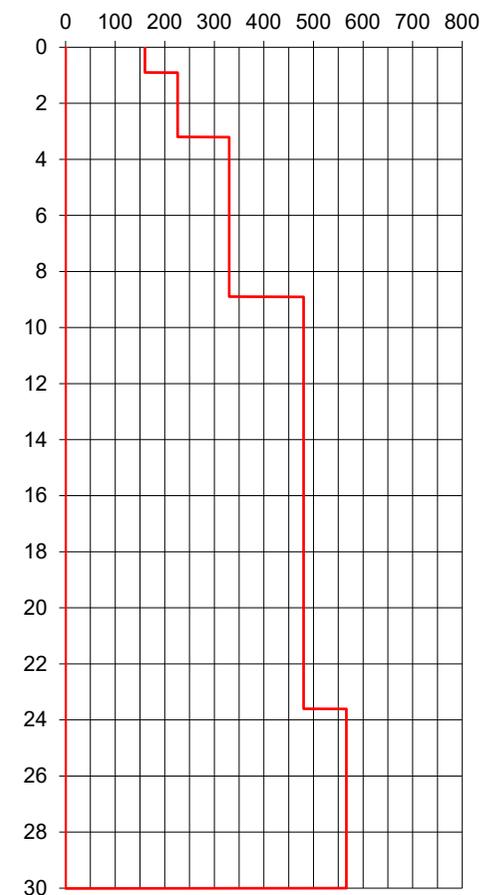
Il 28 giugno 2018 Tecnogeofisica snc di Carpi ha effettuato, per mio conto, una prospezione sismica MASW e una misura con il Tromino. Di seguito si riportano le risultanze.

RISULTATI INDAGINE MASW 2018

Nome	Num Geofoni	Spaziatura geofoni	Lunghezza stesa	Distanza shot	Lunghezza totale	Vs ₃₀ m/sec	Categoria suolo
MASW	24	1,5m	34,5m	8m	42,5m	400	B

Risultati elaborazione				
Strato	Profondità		Spessore	Vel
	da	a	m	m/sec
Strato1	0,00	0,90	0,90	160
Strato2	0,90	3,20	2,30	226
Strato3	3,20	8,90	5,70	330
Strato4	8,90	23,60	14,70	480
Strato5	23,60	30,00	6,40	566

Figura 8 - Tabella e diagramma prospezione MSW



$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Successivamente, il giorno 16 aprile 2020 è stata effettuata una prospezione sismica attiva pseudo-multicanale in onde di superficie (pseudo-MASW), sito specifica. Di seguito i risultati:

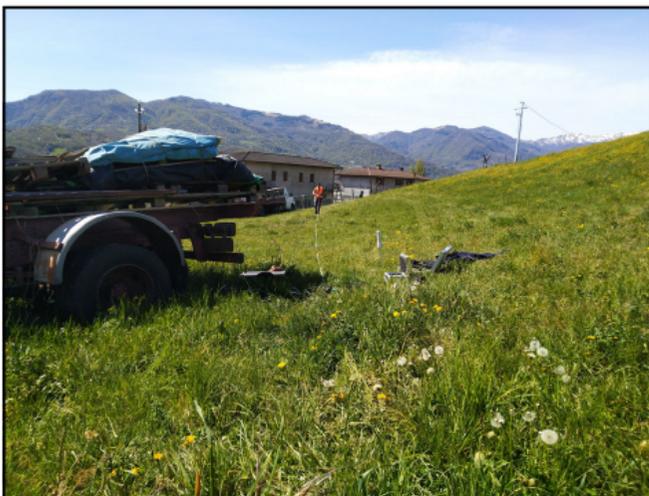
Strumentazione utilizzata:

Tromografo digitale Tromino® BLU 3G+, dotato di 3 canali connessi a 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali, conversione A/D a 24 bit reali

Parametri di acquisizione:

Energizzazione: mazza battente da 6 kg;
Numero di shot/battute: 17
Distanza tra ogni shot/battuta: 3 m;
Lunghezza stendimento: 48 m;
Frequenza di campionamento: 1024 Hz
Lunghezza tracce: 1 s

Ripresa fotografica



Ubicazione dello pseudo-array

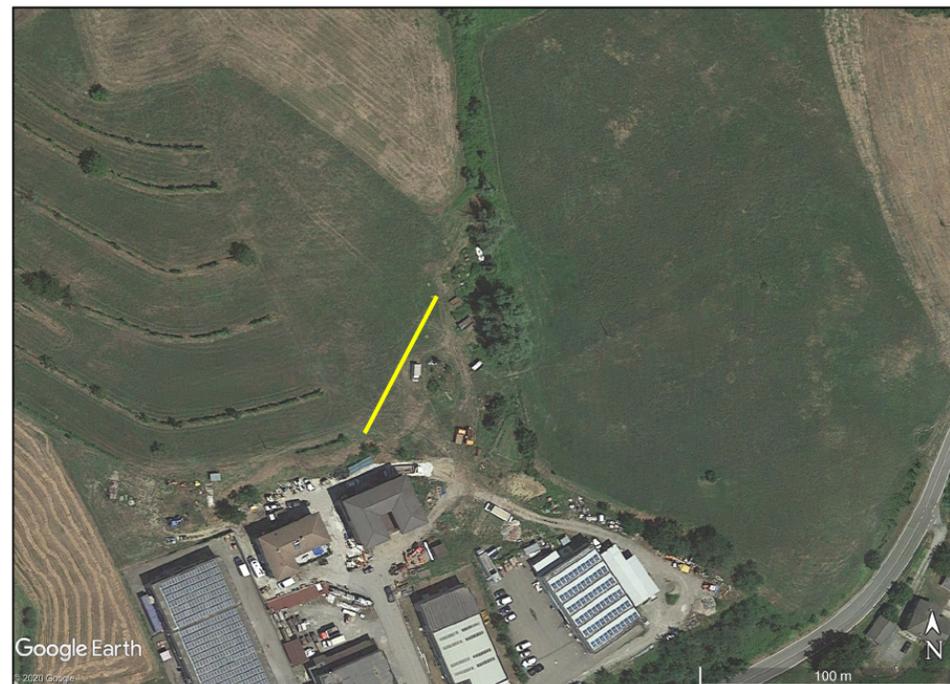
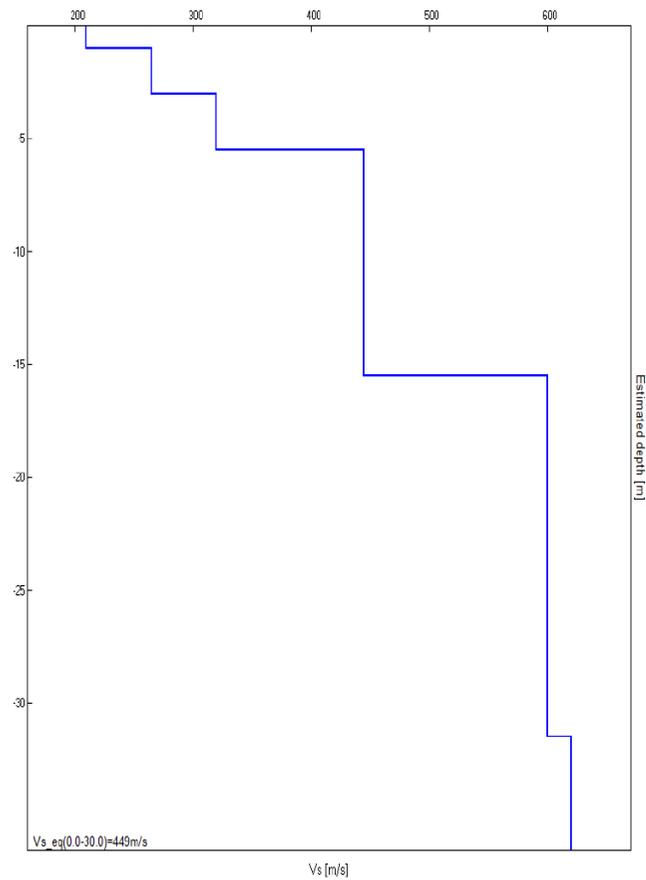
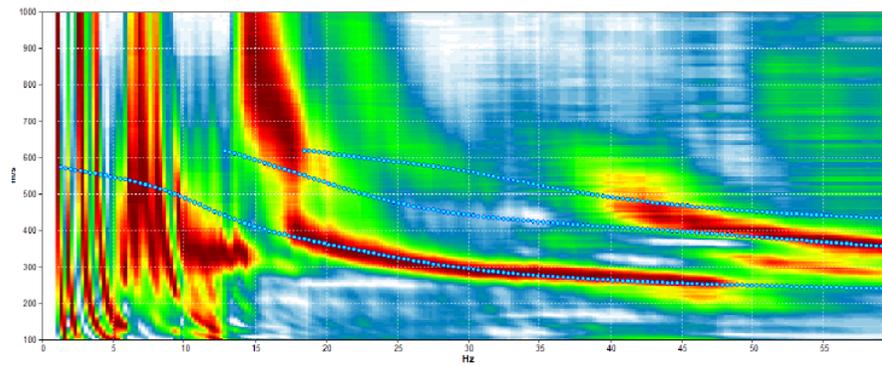


Figura 9 – Ubicazione indagine MASW 2020

MODELLO DI VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO (Vs) OTTENUTO



CURVA DI DISPERSIONE MODELLATA DELLE VELOCITÀ DI FASE DELLE ONDE DI RAYLEIGH



MODELLO DI SOTTOSUOLO MEDIO OTTENUTO

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	210	0.42
3.00	2.00	265	0.42
5.50	2.50	320	0.42
15.50	10.00	445	0.42
31.50	16.00	600	0.42
inf.	inf.	620	0.42

Vs_eq(0.0-30.0)=449m/s

Figura 10 – Risultanze indagine Vs del 2020



5.3.1 RISULTATI MISURE HVSR

Strumento: TRZ-0099/01-10
 Formato dati: 16 byte
 Fondo scala [mV]: n.a.
 Inizio registrazione: 28/06/18 10:41:47 Fine registrazione: 28/06/18 11:01:47
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 39.66 ± 2.16 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

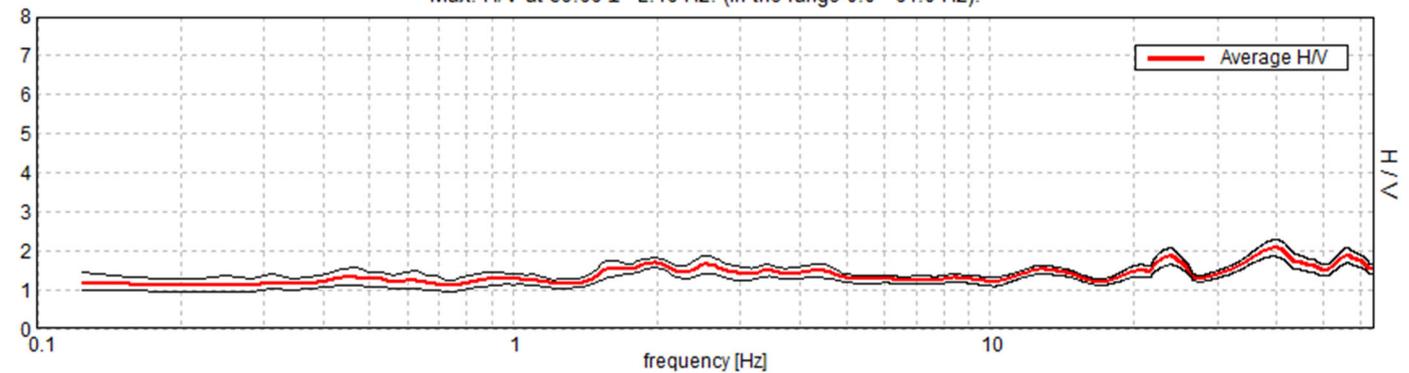


Figura 12 – Rapporto Spettrale orizzontale su verticale – Misura 2018

Picco HV a 39.66 ± 2.16 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteri per una curva HV affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	39.66 > 0.50	OK			
$n_c(f_0) > 200$	42828.8 > 200	OK			
$\Delta_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\Delta_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1414	OK			
Criteri per un picco HV chiaro					
Esiste f in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f) < A_0 / 2$					NO
Esiste f* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^*) < A_0 / 2$					NO
$A_0 > 2$	2.07 > 2	OK			
$f_{picco}[A_{HV}(f) \pm \Delta_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.55879 < 0.05				NO
$\Delta f < \Delta(f_0)$	22.1594 < 1.98281				NO
$\Delta_A(f_0) < \Delta(f_0)$	0.2202 < 1.58	OK			
L_w	lunghezza della finestra				
n_w	numero di finestre usate nell'analisi				
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi				
f	frequenza attuale				
f_0	frequenza del picco HV				
Δf	deviazione standard della frequenza del picco HV				
$\Delta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\Delta f < \Delta(f_0)$				
A_0	ampiezza della curva HV alla frequenza f_0				
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva HV alla frequenza f				
f -	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$				
f +	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$				
$\Delta_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\Delta_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa				
$\Delta_{logHV}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{HV}(f)$				
$\Delta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\Delta_A(f) < \Delta(f_0)$				
Valori di soglia per Δf e $\Delta_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\Delta(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\Delta(f_0)$ per $\Delta_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\Delta(f_0)$ per $\Delta_{logHV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Figura 13 – Posizionamento misurazione HVSR 2020

Il 29 aprile 2020 è stata effettuata una nuova misurazione SITO SPECIFICA con il tromino, di seguito riporto i risultati



RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

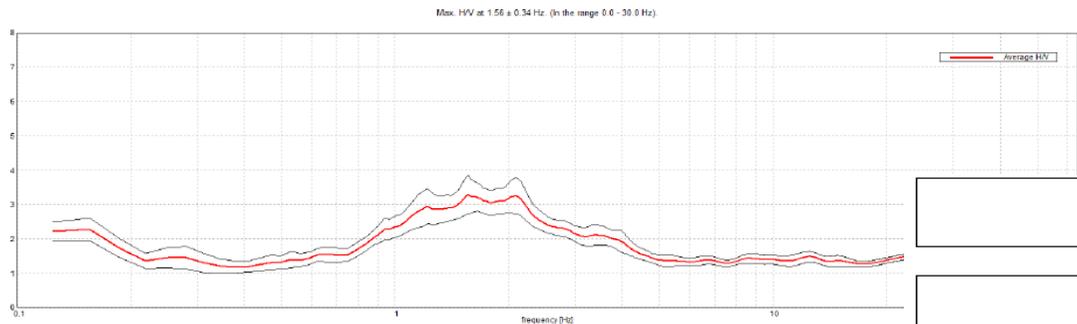


Figura 14 – Rapporto Spettrale orizzontale su verticale Misura 2020

Picco H/V a 1.56 ± 0.34 Hz (nell'intervallo 0.0 - 30.0 Hz).

Criteria per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	1.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 76	OK	

Criteria per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.29 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.21707 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.33917 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5727 < 1.78$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



6.1 ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

L'analisi geomorfologica di dettaglio e le risultanze delle indagini geognostiche di repertorio e di quelle effettuate per la stesura della presente, portano ad una revisione della cartografia regionale che si esprime nell'elaborato alla pagina che segue.

Il ripiano in oggetto è parte del sistema di evoluzione distensiva del versante che ha interessato il flysch MOV via via sbloccato verso valle sulle Argille APA, in contatto tettonico. La superficie ben si raccorda con quelle più ad ovest, segnate da orli strutturali orientati NE-SO.

L'approfondimento del torrente Leo ha segnato l'abbandono di queste quote sulle quali ha esercitato energia, contribuendo alla modellazione e al riempimento con depositi anche a connotazione lacustre intorno a quota 527msm. La porzione più profonda della struttura di base, costituita dai flysch MOV, evidenzia piano in contropendenza, affiorante in prossimità degli orli di scarpata a sud.

Lo spessore massimo dei materiali sedimentari all'interno della vecchia depressione è stato misurato in 9m e cresce verso sud fino a 11m. Evidente la fagliazione del blocco ad est e ad ovest dell'area, con linee N-S che configurano un grande prisma allungato nella stessa direzione, in cui si realizza il contatto tettonico MOV/APA. Non attivi i processi erosivi al piede del versante da parte del Torrente Leo.

Ritengo pertanto che non esistano presupposti di pericolosità geologica che possano riguardare le fasce di versante a monte e a valle delle aree in esame. L'analisi dell'edificato nell'intorno non ha evidenziato, in oltre 20 anni di esercizio, particolari problematiche e non si registrano processi di erosione potenziali o in atto.

Si conferma pertanto che l'area è idonea a recepire la variazione, in contrazione, dell'area di PRG, per quanto di pertinenza.

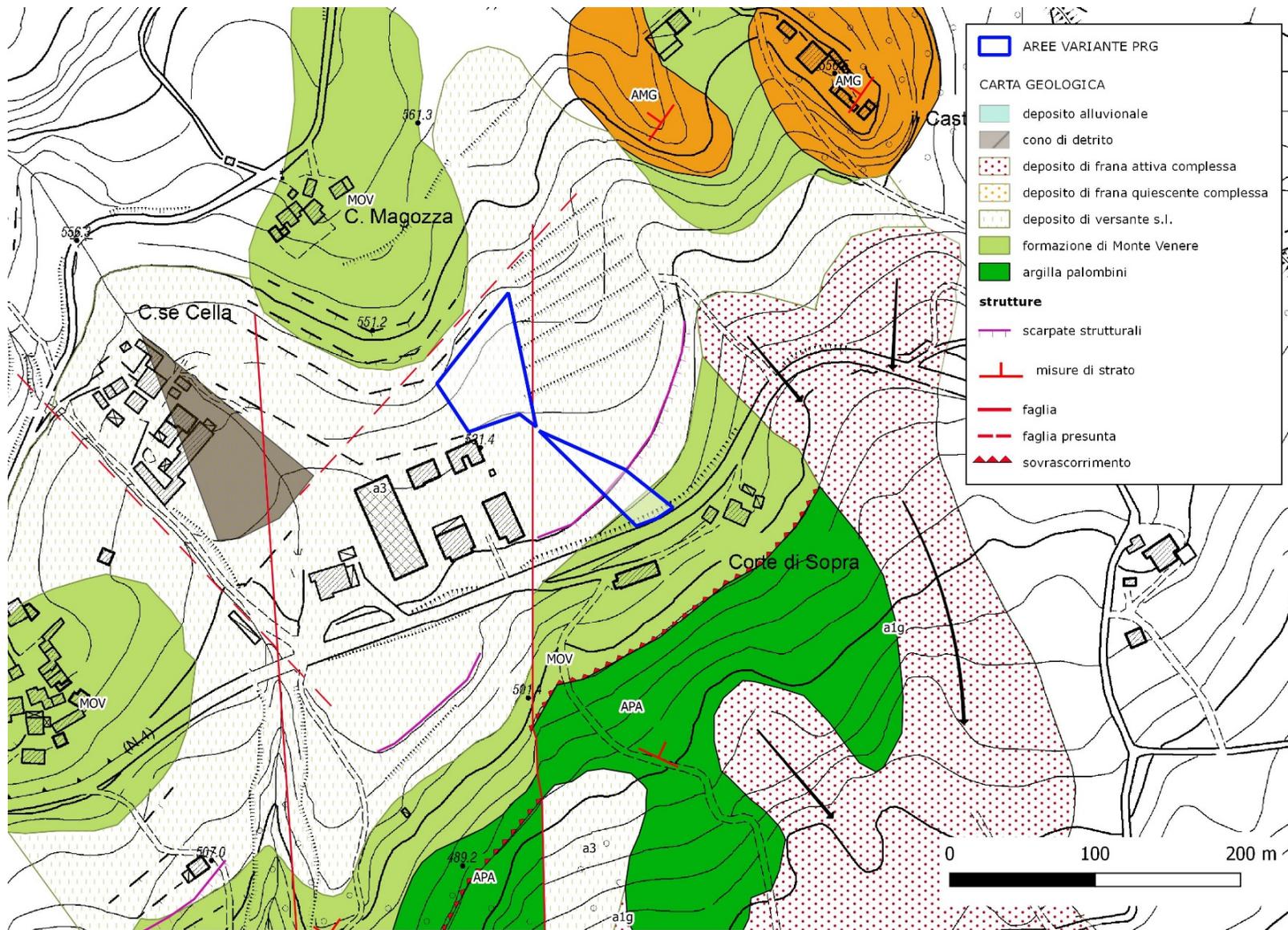


Figura 15 – Carta Geologica da caratterizzazione locale – Elaborazione Studio Sargenti

6.2 MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

La situazione locale riscontrata conferma la disomogeneità dello spessore e della facies dei sedimenti, con depositi francamente argillosi che si intercalano in eteropia ed in forma lenticolare con limi sabbiosi o detriti LA con clasti arenacei.

L'elaborazione Vs restituisce il bed rock sismico a 15.5m

Nello specifico, con riferimento alle tre prove penetrometriche sito specifiche del 2020, si individua uno spessore di 5m, suddivisibile in 1÷2 strati a diversa consistenza.

DPSH1 2020 Classificazione AGI

	N _{SPT}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] Dt AL	5.84	1	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] Dt L	14.73	4.4	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

DPSH2 2020 Classificazione AGI

	N _{SPT}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] Dt AL	6.98	4.4	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

DPSH3 2020 Classificazione AGI

	N _{SPT}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] Dt LA	10.19	2,8	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] Dt LA	32.78	3.4	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Sulla base delle prove effettuate direttamente e delle casistiche locali già verificate in opera, si fornisce il quadro dei valori caratteristici dello spessore superficiale (interessato dalle future opere) dei terreni. Gli strati 1 e 2, di interesse per gli apparati fondali, sono classificabili CNR UNI **A6, Argille poco compressibili**.

Modello geotecnico

La stima dei parametri geotecnici è stata effettuata attraverso l'elaborazione dei dati delle prove DPSH eseguite nel 2020 e il confronto con i dati precedenti, in più sono state utilizzate la seguente formula (Prakoso 2010- Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata di Francesco Roccaforte e Caterina Cucinotta) per stimare la coesione efficace sulla base delle Vs $c' = 128,21 - 22,563 * \ln(Vs)$.

Per quanto riguarda il Flysch del BR, viene caratterizzato da miei lavori precedenti sui Flysch di zona, attraverso la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi RMR (Bieniawski 1989) che fornisce classe 4, scadente, alla quale corrispondono valori approssimati di coesioni efficaci di picco di 200÷250kN/mq e di Angolo di attrito efficace di 25÷27°.

PROF.	LITO	Coesione efficace c'k	Angolo attrito efficace Φ' k	Coesione non drenata C _{uk}	Peso volume γ_k	Modulo elastico E _k	Modulo Edometrico M _{ok}
		kN/mq	°	kN/mq	kN/mc	kN/mq	kN/mq
da 1 a 3m	AL	7.6	26	68	19	7000	6600
da 3 a 5.5m	LA	2.3	30	130	21	24000	19200
>5.5	Flysch (regolite)	200	27		24		

Tabella 1 – Modello geotecnico

7 PERICOLOSITA' GEOLOGICA DA SISMA

7.1 MODELLO SISMICO NTC 2018

Il territorio del Comune di Fanano è stato inserito nella **zona sismica 3** dalla nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 ed ai sensi della D.G.R. n. 1677/05 Allegato B, con applicazione effettiva dal 23/10/2005. Esso risulta in particolare collocato in una zona caratterizzata da valori di PGA compresi tra 0.15 e 0.20 g e da un'intensità macrosismica pari al 7° grado (Scala MCS) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e con periodo di ritorno pari a 475 anni.

7.1.1 CATEGORIA DI SUOLO

Sulla base delle misurazioni effettuate è possibile assumere una categoria di suolo **B**, "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti"



A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

7.1.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto riguarda la categoria topografica da attribuire al sito, è possibile classificarlo in classe T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

7.1.3 RISCHIO LIQUEFAZIONE

Per caratteristiche litologiche è da escludere il rischio di liquefazione per i terreni in oggetto.

7.1.4 INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]



Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44,2356377 [°]
 Longitudine (WGS84): 10,8319378 [°]
 Latitudine (ED50): 44,2365875 [°]
 Longitudine (ED50): 10,8329382 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	17832	44,253550	10,768480
2	17833	44,255130	10,838230
3	18055	44,205160	10,840370
4	18054	44,203580	10,770730

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,483	0,251
SLD	50	0,074	2,463	0,263
	72	0,086	2,466	0,268
	101	0,098	2,465	0,273
	140	0,111	2,463	0,279
	201	0,127	2,468	0,283
SLV	475	0,169	2,515	0,294
SLC	975	0,210	2,548	0,305
	2475	0,274	2,596	0,321

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,058	2,488	0,252
SLD	50	0,073	2,470	0,264
	72	0,085	2,475	0,269
	101	0,097	2,472	0,274
	140	0,110	2,471	0,280
	201	0,125	2,477	0,284



SLV	475	0,166	2,531	0,294
SLC	975	0,208	2,551	0,304
	2475	0,271	2,595	0,320

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,476	0,252
SLD	50	0,076	2,451	0,262
	72	0,089	2,445	0,267
	101	0,102	2,447	0,272
	140	0,116	2,444	0,278
	201	0,132	2,468	0,279
SLV	475	0,178	2,479	0,292
SLC	975	0,226	2,457	0,305
	2475	0,303	2,451	0,318

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,060	2,469	0,251
SLD	50	0,077	2,444	0,262
	72	0,090	2,436	0,267
	101	0,103	2,437	0,271
	140	0,117	2,453	0,276
	201	0,135	2,467	0,277
SLV	475	0,188	2,387	0,291
SLC	975	0,236	2,386	0,300
	2475	0,308	2,452	0,318

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,059	2,483	0,252
SLD	50	0,074	2,462	0,263
SLV	475	0,171	2,508	0,293
SLC	975	0,215	2,514	0,304

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Categoria sottosuolo: B

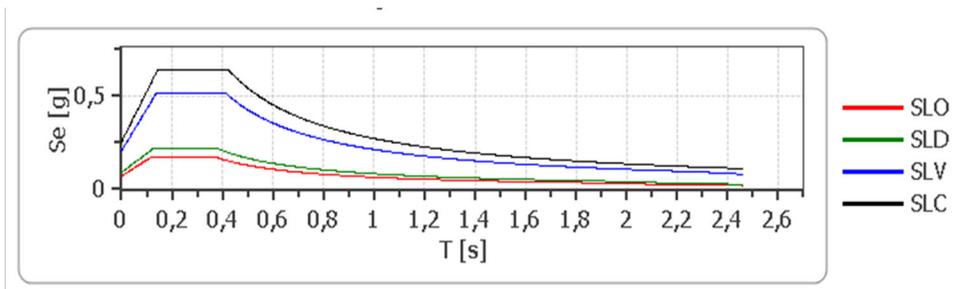
Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°



Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,014	0,018	0,049	0,071
kv	0,007	0,009	0,025	0,035
a _{max} [m/s ²]	0,692	0,872	2,011	2,484
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,059	2,483	0,252	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,122	0,365	1,835	0,071	0,175
SLD	1,0	0,074	2,462	0,263	1,200	1,440	1,000	1,200	1,000	0,126	0,379	1,896	0,089	0,219
SLV	1,0	0,171	2,508	0,293	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,138	0,413	2,284	0,205	0,514
SLC	1,0	0,215	2,514	0,304	1,180	1,400	1,000	1,180	1,000	0,142	0,426	2,459	0,253	0,637

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

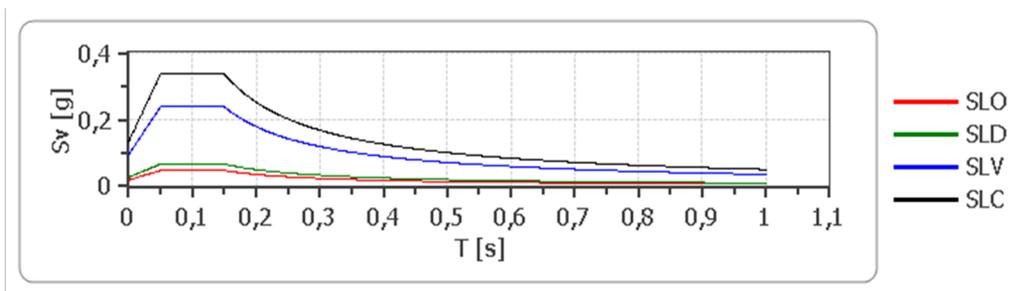
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000





	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0,059	2,483	0,252	1	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,019	0,048
SLD	1,0	0,074	2,462	0,263	1	1,440	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,027	0,067
SLV	1,0	0,171	2,508	0,293	1	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,095	0,239
SLC	1,0	0,215	2,514	0,304	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,134	0,338

7.1.5 FREQUENZE CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Durante il verificarsi di un evento sismico, le frequenze delle strutture possono subire decrementi, circa correlabili con l'aumentare del danneggiamento strutturale.

Le frequenze del primo modo di vibrare di un edificio possono quindi diminuire durante il sisma, e nel caso siano di poco superiori a quella fondamentale del terreno, è consigliabile eseguire dettagliate analisi modali strutturali, per verificare e/o escludere la possibilità che si avvicinino/sovrappongano a quella propria del sottosuolo (cioè escludere effetto risonanza).

A titolo puramente indicativo si segnala, che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono grosso modo dalla loro altezza e struttura/morfologia; in linea di massima per edifici standard regolari in c.a. ad un piano, è possibile osservare in generale frequenze inferiori o paragonabili a 10-12 Hz, per edifici alti a stessa tipologia (es. circa 10/15 piani) è possibile rilevare frequenze prossime a 1 Hz.

Per il deposito esaminato, è possibile individuare le seguenti frequenze di risonanza tipiche del terreno, significative per l'ingegneria

Frequenza 1.56 ± 0.34 Hz

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere dunque utilmente confrontate con le frequenze fondamentali del sito indagato.

7.2 MICROZONAZIONE SISMICA - DGR ER 630 DEL 2019

Il Comune di Fanano è dotato di Studio di Microzonazione Sismica. Lo stesso non comprende l'area di progetto.

Si procede pertanto, essendo in Variante Urbanistica, alle determinazioni di cui alla DGR 630/2019.

L'analisi litostratigrafica e geomorfologica di dettaglio restituisce una copertura del substrato dell'ordine dei 5m.

Si produce pertanto un'analisi di II livello, ritenendo non sussistano gli areali da indagare con III livello di approfondimento di cui paragrafo 2.1. lettera c) della DGR 630/2019.

ANALISI DI II LIVELLO: FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino (zone collinari e montane) con substrato non rigido caratterizzato da $V_s < 800 \text{ m/s}$ "

Con riferimento alla prova MASW e considerate le risultanze dei sondaggi con perforatrice e delle prospezioni a rifrazione, è possibile identificare il **BR sismico** alla profondità di 15.5m.

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati:

lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 15.5m**

la velocità delle onde S nei terreni di copertura → **$V_{S15.5}$**

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}} \quad V_{S_i} = \text{velocità in m/s dello strato i-esimo} \quad h_i = \text{spessore in metri dello strato i-esimo}$$

Nel nostro caso **$V_{S15.5} = 15.5 / [(1/210) + (2/265) + (2.5/320) + (10/445)] = 364 \text{ m/s}$**

Di conseguenza:



In caso di coperture su substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da $V_s \ll 800$ m/s, si devono usare le seguenti tabelle

Appennino, coperture su substrato non rigido

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione PGA

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SI1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

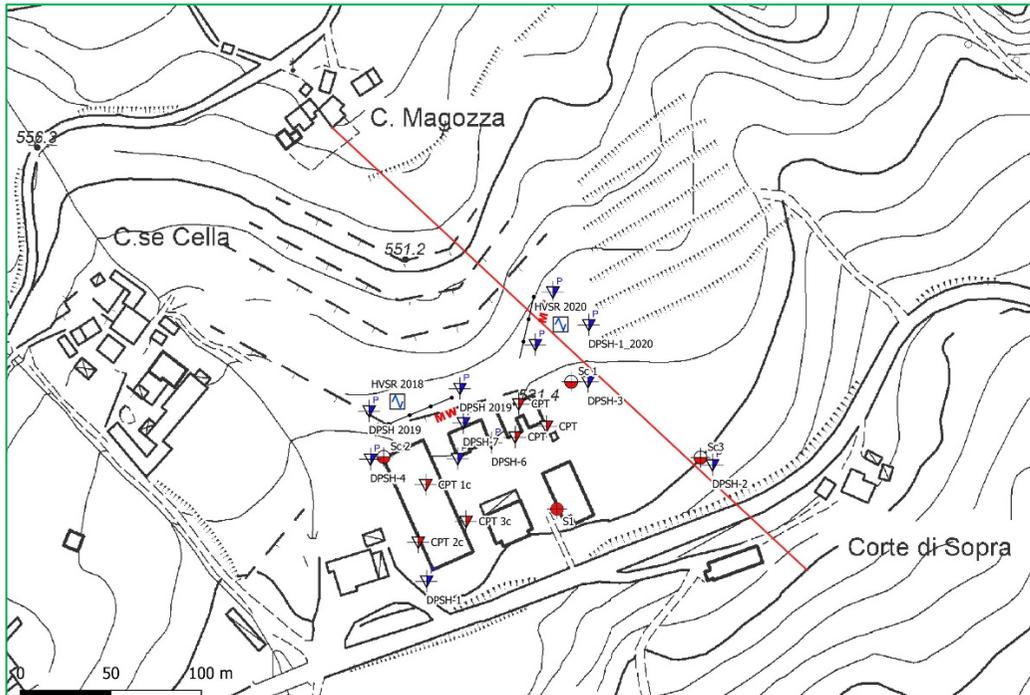
Fattore di Amplificazione SI2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)



Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla DGR. 630/2019	Appennino e margine appenninico-padano
Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per T_0 (a_{refg})	0.179
Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ($>V_s>$)	$<<800$ m/s
Spessore del deposito di copertura considerato (H)	15.5 m
Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato (V_{sH})	364 m/s
Profondità Bedrock sismico	15.5 m
Velocità onde di taglio Bedrock (V_s)	600 m/s
Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m (V_{s30})	449 m/s
Coefficiente di amplificazione per categoria topografica (S_T)	1
Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)	1.8
Fattore di Amplificazione SA1 ($0.1s < T_0 < 0.5s.$)	1.7
Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (SI1 $0.1s < T_0 < 0.5s.$)	1.6
Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (SI2 $0.5s < T_0 < 1.0s.$)	1.4
Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ($a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$)	0.322

VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA
DGR N. 630/2019





Le reiterate analisi vengono effettuate con programma di calcolo automatico Slope 2020 di Geostru. Scopo delle verifiche è quello di valutare l’impatto di un potenziale stato di progetto sullo stato di fatto attuale, se è sostenibile o meno.

Dopo una prima scansione di calibratura delle geometrie generali sullo stato di fatto, si introduce un carico distribuito di un potenziale stabilimento.

La caratterizzazione della coltre viene effettuata utilizzando i parametri degli strati del modello geotecnico (vedi tabella sotto). Per quanto riguarda il Flysch del BR, viene caratterizzato da miei lavori precedenti sui Flysch di zona, attraverso la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi RMR (Bieniawski 1989) che fornisce classe 4, scadente, alla quale corrispondono valori approssimati di coesioni efficaci di picco di $200 \div 250 \text{ kN/mq}$ e di Angolo di attrito efficace di $25 \div 27^\circ$.

Figura 16 – Traccia di sezione di verifica

A favore di sicurezza e in modo “brutale”, viene introdotta falda a piano campagna e viene trascurato il terzo strato.

A simulare il fabbricato, si introduce la tensione di progetto di 100 kN/mq per tutta la larghezza di un ipotetico fabbricato che attraversa la sezione.

PROF.	LITO	Coesione efficace c'k	Angolo attrito efficace Φ' k	Coesione non drenata Cuk	Peso volume γ_k	Modulo elastico Ek	Modulo Edometrico Mok
		kN/mq	°	kN/mq	kN/mc	kN/mq	kN/mq
da 0 a 3m	Dt AL	7.6	26	68	19	7000	6600
da 3 a 5m	Dt L	2.3	30	215	21	24000	19200
>5m	Flysch (regolite)	200	27		24		

L’azione sismica viene valutata con metodo pseudostatico globale e introdotta direttamente sui conci (NTC2018), in tutte le fasi di verifica. Per i pendii naturali in condizioni sismiche (SLV) non si assumono Approcci di progetto DA1 o DA2 e dunque non si introduce il coefficiente globale γ_P ma si utilizzano solo i parametri caratteristici, non ridotti. Per tutte le opere poste lungo il pendio, in presenza di azioni sismiche, le verifiche di stabilità si effettuano con Approccio1 Combinazione2 (A2+M2+R2) introducendo solamente il coefficiente globale $\gamma_P = 1.1$ ($\gamma_A=1$ $\gamma_M=1$)

STATO DI FATTO – condizioni sismiche

Stato di fatto
Fattore di sicurezza minimo: 2.78

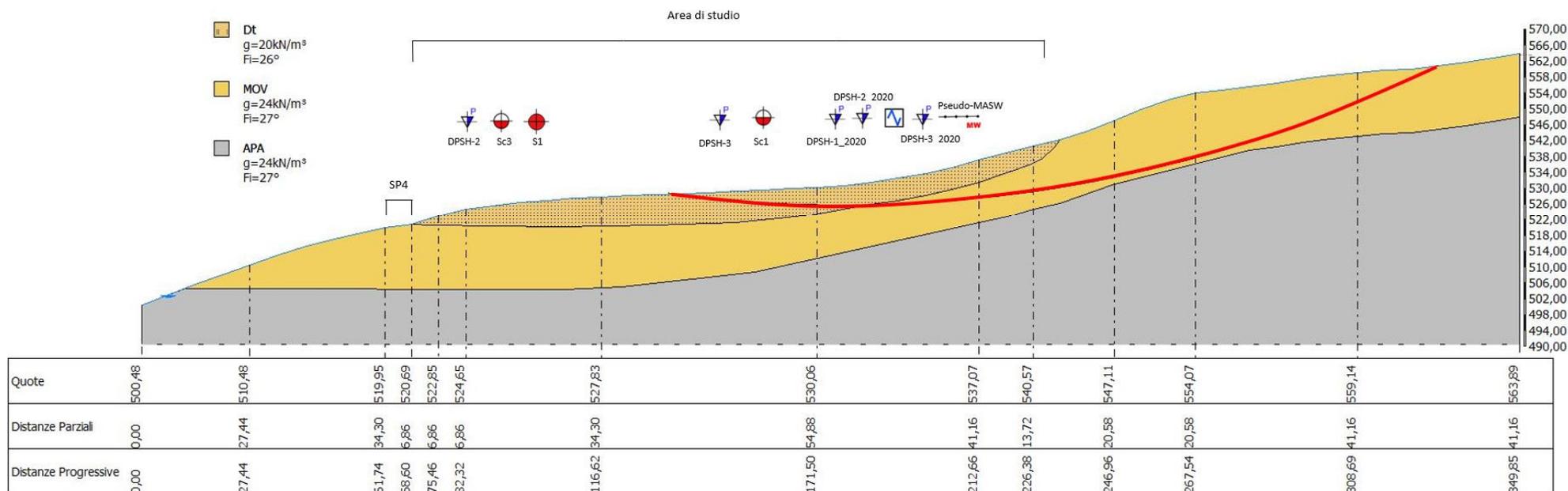


Figura 17 – MODELLO stato di FATTO – Fs min = 2.78

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

```

=====
Lat./Long.                44,2356376647949/10,831937789917
Calcolo eseguito secondo  NTC 2018
Numero di strati          3,0
Numero dei conci          10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile  1,3
Coefficiente parziale resistenza  1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:  Picco
Analisi                   Condizione drenata
Superficie di forma circolare
=====
    
```

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	177,97 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	863,65 m
Ascissa vertice destro superiore xs	245,93 m
Ordinata vertice destro superiore ys	925,16 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,58	2,48	0,25
S.L.D.	50,0	0,73	2,46	0,26
S.L.V.	475,0	1,68	2,51	0,29
S.L.C.	975,0	2,11	2,51	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,696	0,2	0,0142	0,0071
S.L.D.	0,876	0,2	0,0179	0,0089
S.L.V.	2,016	0,24	0,0493	0,0247
S.L.C.	2,4982	0,28	0,0713	0,0357

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,049

Coefficiente azione sismica verticale

0,025



Coefficienti parziali azioni

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

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	7		26	20	21	Dt
2	200		27	24	25	MOV
3	200		27	24	25	APA

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	2,78
Ascissa centro superficie	177,97 m
Ordinata centro superficie	869,8 m
Raggio superficie	344,1 m

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

xc = 177,967 yc = 869,802 Rc = 344,102 Fs=2,778

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	3,48	-7,1	3,5	2114,73	103,62	52,87	7,0	26,0	962,1	1302,0	1128,7
2	6,86	-6,2	6,9	15823,5	775,35	395,59	7,0	26,0	7346,0	8891,9	3334,4
3	6,86	-5,1	6,89	29662,59	1453,47	741,56	7,0	26,0	13803,1	16334,4	4637,7
4	6,86	-3,9	6,88	42046,54	2060,28	1051,16	7,0	26,0	19606,6	22891,1	5786,1
5	6,86	-2,8	6,87	53257,53	2609,62	1331,44	7,0	26,0	24787,0	28837,3	6828,0
6	6,86	-1,6	6,86	61003,52	2989,17	1525,09	7,0	26,0	28392,0	32841,7	7529,8
7	6,86	-0,5	6,86	68177,02	3340,67	1704,43	7,0	26,0	31741,9	36508,9	8173,0
8	6,86	0,6	6,86	78060,45	3824,96	1951,51	7,0	26,0	36361,8	41600,5	9067,0
9	6,86	1,8	6,86	90985,45	4458,29	2274,64	200,0	27,0	41657,8	47516,2	59103,2
10	137,31	14,2	141,665734773,0	281003,9	143369,3	200,0	200,0	27,0	2248884,0	3184386,0	1624105,0



STATO DI PROGETTO – simulazione intervento – condizioni sismiche

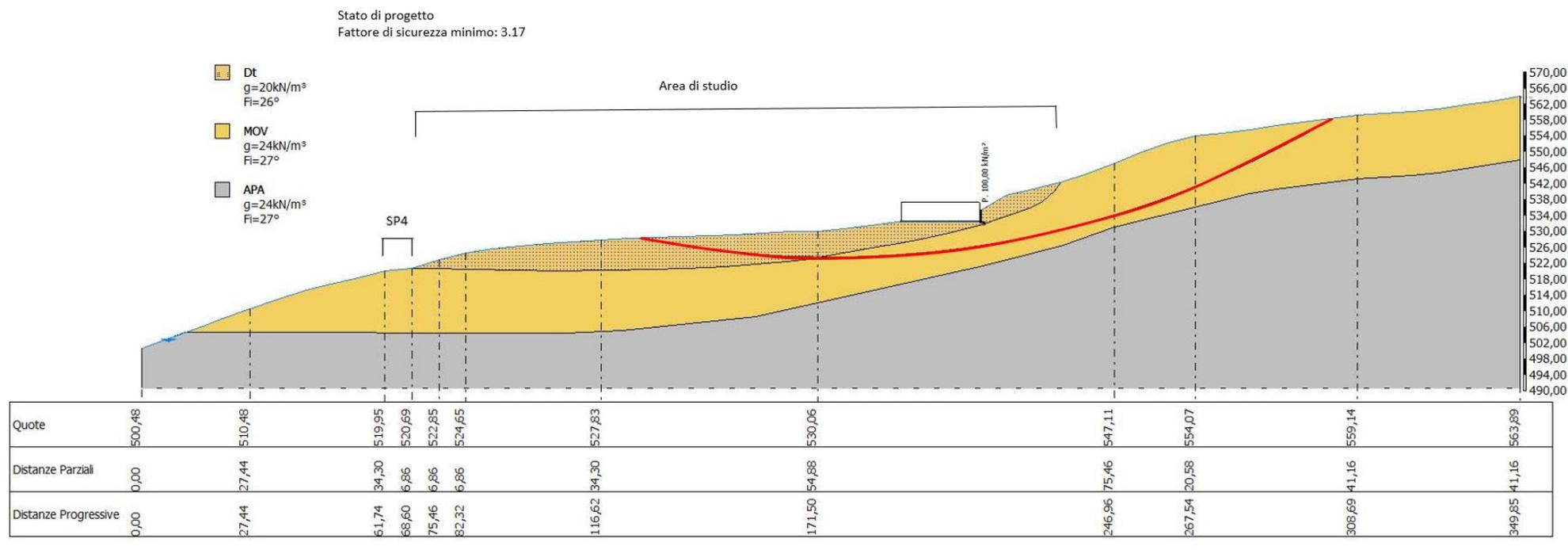


Figura 18 – MODELLO stato di PROGETTO – F_s min = 3.17

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

```

=====
Lat./Long.                44,2356376647949/10,831937789917
Calcolo eseguito secondo  NTC 2018
Numero di strati          3,0
Numero dei conchi         10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile  1,3
Coefficiente parziale resistenza  1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:  Picco
Analisi                   Condizione drenata
Superficie di forma circolare
=====
    
```

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	168,11 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	797,44 m
Ascissa vertice destro superiore xs	236,07 m
Ordinata vertice destro superiore ys	858,94 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,58	2,48	0,25
S.L.D.	50,0	0,73	2,46	0,26
S.L.V.	475,0	1,68	2,51	0,29
S.L.C.	975,0	2,11	2,51	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,696	0,2	0,0142	0,0071
S.L.D.	0,876	0,2	0,0179	0,0089
S.L.V.	2,016	0,24	0,0493	0,0247
S.L.C.	2,4982	0,28	0,0713	0,0357

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,049

Coefficiente azione sismica verticale

0,025

Coefficienti parziali azioni

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



=====
Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno
 =====

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

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	7		26	20	21	Dt
2	200		27	24	25	MOV
3	200		27	24	25	APA

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m ³)
1	213,22	532,41	0,3	0,7	3	0,3	0,3	25

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	192,8	532,5	212,8	532,5	100

Risultati analisi pendio

=====
 Fs minimo individuato 3,17
 Ascissa centro superficie 171,5 m
 Ordinata centro superficie 800,51 m
 Raggio superficie 271,3 m
 =====



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

xc = 171,504 yc = 800,511 Rc = 271,297 Fs=3,171

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	6,65	-2,2	6,65	4767,54	233,61	119,19	7,0	26,0	2182,3	2652,2	1732,6
2	6,86	-0,7	6,86	11157,46	546,72	278,94	7,0	26,0	5114,3	6072,1	2253,0
3	3,01	0,3	3,01	6255,66	306,53	156,39	7,0	26,0	2907,5	3342,2	1082,3
4	3,85	1,0	3,86	10109,2	495,35	252,73	7,0	26,0	4675,9	5406,1	1544,9
5	6,86	2,2	6,86	23890,21	1170,62	597,26	7,0	26,0	11064,8	12714,0	3182,6
6	6,45	3,6	6,46	30009,79	1470,48	750,24	7,0	26,0	13923,6	15895,9	3544,7
7	4,86	4,8	4,87	1405,25	3008,86	1535,13	7,0	26,0	10891,2	25022,3	7992,0
8	5,5	5,9	5,53	7024,44	3774,2	1925,61	7,0	26,0	9684,6	66620,3	10447,9
9	5,5	7,0	5,55	69677,09	3414,18	1741,93	7,0	26,0	6253,5	62682,6	9899,9
10	5,5	8,2	5,56	58574,02	2870,13	1464,35	7,0	26,0	2193,0	55677,2	8923,5

L'analisi di stabilità della coltre detritica conferma il buono stato di equilibrio delle pendici anche in condizioni sismiche che non sarà variato dagli interventi che si possono prevedere $3.17 > 2.78$

Non sono da evidenziare particolari indicazioni di pertinenza per l'utilizzo futuro delle aree, considerato anche che la porzione residua di valle rimane destinata a pertinenze dello stabilimento esistente.

Fanano, 18 dicembre 2020

Daniele Sargenti - Geologo

