

MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)
Tel. 3452353055
e-mail: info@manninimassimo.it

**Relazione Geologica-Sismica
di inquadramento generale
associato alla procedura di V.I.A.
per il progetto di realizzazione di strutture per
l'allevamento di suini nella fase di
accrescimento/ingrasso, collocate nell'ambito del
programma del contratto: Distretto del cibo –
salumi DOP Piacentini**

in Località "Cascina Solarolo di Cadeo (Pc)"

Committente: "Dallavalle Angelo e Figlio Società Agricola"

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA	3
3.1 - GEOLOGIA	3
3.2 - MORFOLOGIA	3
4.0 - IDRO (GEO) LOGIA	3
5.0 - INDAGINI SVOLTE	5
6.0 - INQUADRAMENTO SISMICO	5
7.0 - MICROZONAZIONE SISMICA AREALE	6
7.1 - PIANO STRUTTURALE COMUNALE DI CADEO	6
7.2 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	6
7.3 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	9
7.4 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	11
7.5 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	13
7.6 - SCUOTIMENTO SISMICO	14
8.0 - CONCLUSIONI	16

ALLEGATI:

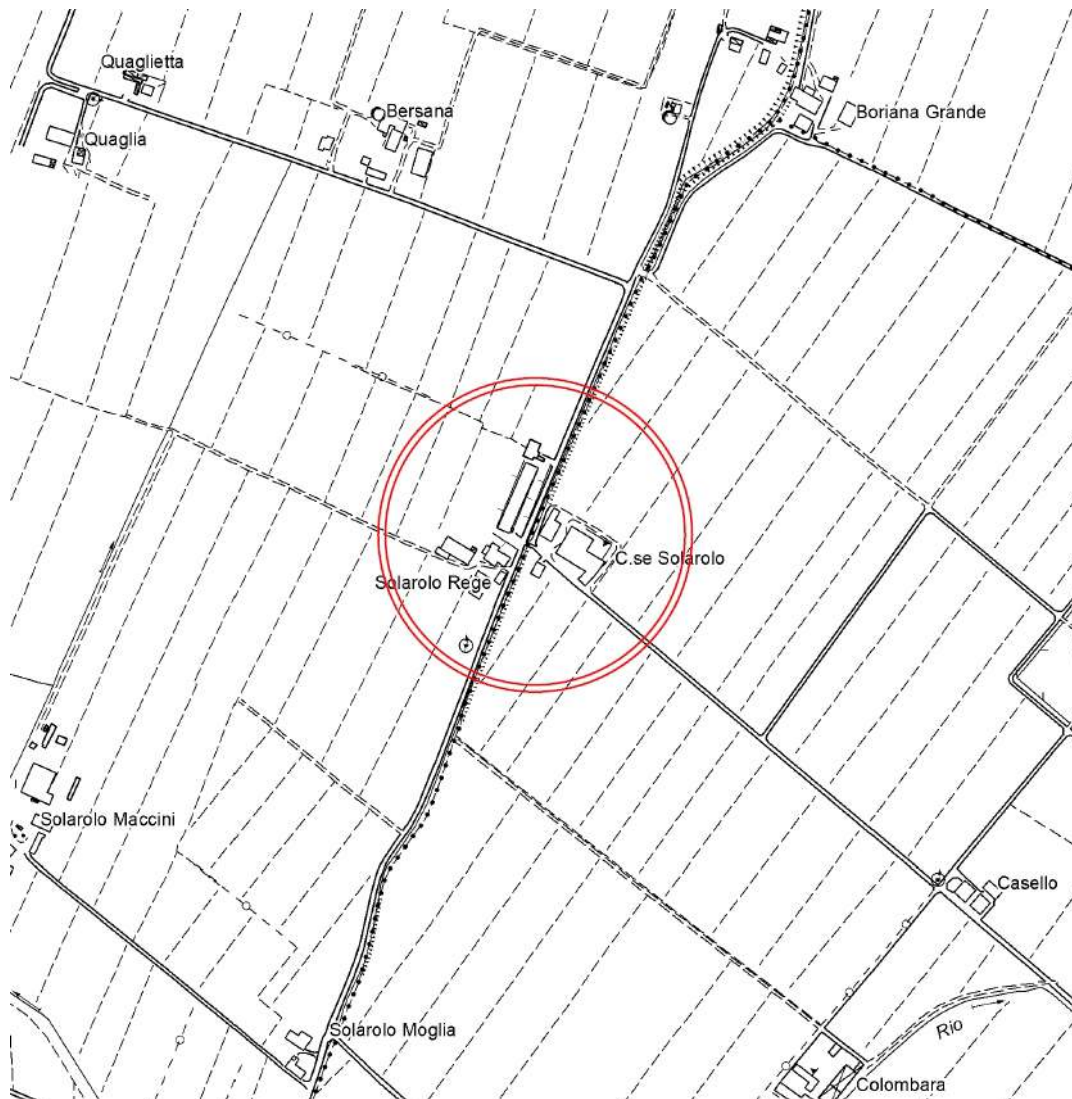
Relazione sismica

1.0 - PREMESSA

Il presente studio geologico-sismico è associato alla procedura di V.I.A. per il progetto di realizzazione di strutture per l'allevamento di suini nella fase di accrescimento/ingrasso, collocate nell'ambito del programma del contratto: Distretto del cibo – salumi DOP Piacentini.

2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dalla presente indagine è ubicato nel settore nord-est dell'area comunale di Cadeo, in località Cascina Solarolo. Catastralmente il lotto è associato al Foglio n.20, Mappale n.203 del Comune di Cadeo.



Inquadramento corografico – C.T.R. Sezione 180031.

3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA

3.1 - GEOLOGIA

L'unità geologica caratterizzante l'area in oggetto corrisponde alle "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Modena tipico di ambiente di pianura, "AES8a": costituito da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intra vallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. *Periodo: Olocene.*

All'interno dell'areale aziendale è presente un pozzo idrico, la cui successione litostratigrafica è la seguente:

0.0-16.0: argilla
16.0-26.0: ghiaia e sabbia
26.0-32.0: argilla e sabbia
32.0-36.0: ghiaia
36.0-58.0: argilla e ghiaia
58.0-60.0: ghiaia
60.0-72.0: argilla e ghiaia
72.0-74.0: ghiaia
74.0-82.0: argilla

Da cui emerge una copertura argillosa, e solamente a profondità superiori i 16.0 metri dal p.c. un arricchimento di sabbia con ghiaia.

3.2 - MORFOLOGIA

Morfologicamente l'area in studio si trova entro un settore di pianura, le pendenze medie morfologiche sono dell'ordine del 1-2% verso n-n-e. La quota s.l.m. è di circa 57.50 metri.

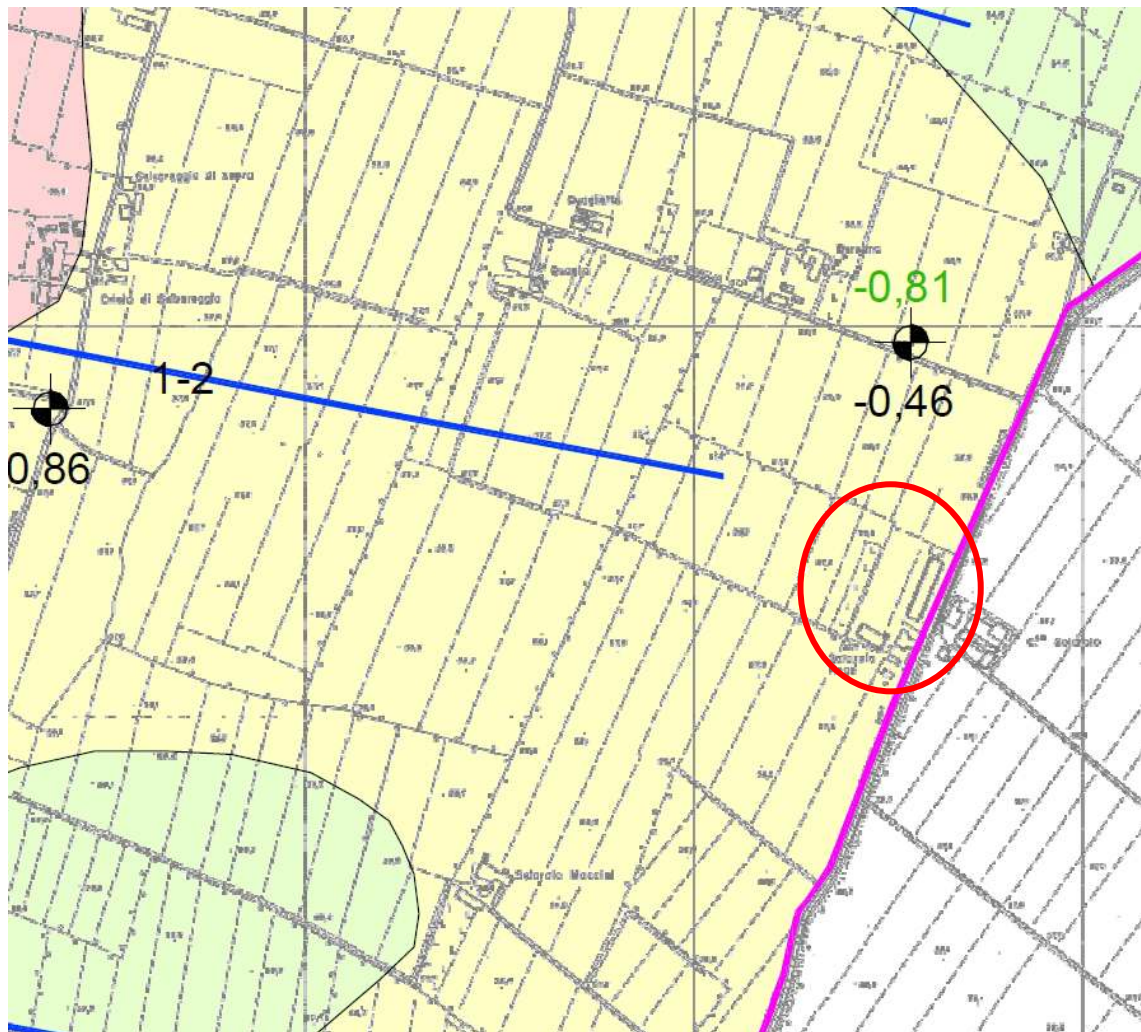
4.0 – IDRO (GEO) LOGIA

L'idrografia superficiale (regime idrologico) è regimata dalla pendenza del terreno che determina il gradiente del deflusso idrico superficiale. Il sottosuolo è costituito da un'alternanza di depositi di granulometria argillosa limosa impermeabile superficiali, cui segue, in questo settore a profondità maggiori di 16.0 metri alternanze di ghiaie e sabbie.

Tale successione litostratigrafica è potenzialmente associata a possibili rinvenimenti di falde pensili instaurate entro interstratificazioni costituite da arricchimenti limosi superficiali e sabbiosi e ghiaiosi alterati e/o calcificazioni.

La circolazione acquifera sotterranea (regime idrogeologico) è costituita da una successione monotona di falde acquifere che si trovano instaurate entro le litologie ghiaiose più permeabili in profondità. Variazioni del livello delle falde superficiali possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro.

Dalla Carta QC27 estratta dal PSC comunale "Carta Idrogeologica" questo settore è caratterizzato da una soggiacenza della prima falda tra 1.0 e 2.0 metri, con isopiezia dei 56.0 metri che attraversa l'area; pertanto, considerando una quota s.l.m. del sito pari a 57.5 metri si ha una profondità della prima falda a 1.50 metri dal p.c. Sono possibili risalite del livello acquifero a profondità prossime il p.c. in determinati periodi particolarmente piovosi.



Estratto della Tavola QC.27 "Idrogeologia", da PSC Comunale.

5.0 - INDAGINI SVOLTE

Per l'inquadramento sismico dell'area in oggetto è stata eseguito un rilievo sismico passivo con tecnica tromografica.



*Planimetria con ubicazione sondaggi geognostici eseguiti in sito:
Hvsr: indagine sismica passiva.*

6.0 - INQUADRAMENTO SISMICO

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto sono state prese in considerazione la successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico presente in sito, oltre che dall'inquadramento sismico con sviluppo di uno stendimento sismico passivo con tecnica tromografica eseguita in sito, a conferma delle risultanze emerse in questo settore – segue Relazione sismica interpretativa.

Dall'indagine sismica eseguita per l'inquadramento sismico emerge per questo settore di Roveleto di Cadeo è associato ad una Vs30eq pari a 310 m/s con relativa classe litologica di tipo C. L'area di Roveleto di Cadeo è caratterizzato dalla presenza di depositi superficiali Olocenici con profondità del bedrock sismico maggiore di 100 metri dal p.c.

7.0 – MICROZONAZIONE SISMICA AREALE

7.1 – Piano Strutturale Comunale di Cadeo

Dalla cartografia tematica estratta dal Quadro Conoscitivo del PSC del Comune di Cadeo – Tavola QCB32 “Carta della Pericolosità Sismica Locale” questo settore di Roveieto di Cadeo è associata a depositi alluvionali in cui non sussiste il rischio di liquefazione per la presenza di terreni granulari sabbiosi a profondità maggiori di 20.0 metri dal p.c. Dalla Tavola G-POC-01 “Carta Comunale delle aree suscettibili di effetti locali” questo settore non risulta compreso entro effetti di sito potenziali.

Dalla Tavola 02 “Carta Geologica-tecnica” estratta dallo studio di microzonazione sismica del territorio Comunale di Cadeo, emerge che questo settore è associato alla formazione geologica dell'Unità di Modena – AES8a, deposito di canale, argine e rotta fluviale. Come terreno di copertura, questo settore è al contatto tra i limi organici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (MLpi) nel settore meridionale, e le sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SMpi).

Dalla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), Cascina Solarolo non è stata caratterizzata, tuttavia il settore più meridionale in corrispondenza dell'infrastruttura principale con asse ovest-est, associata al settore più orientale dell'area, in corrispondenza dell'asse viario in cui si trova Cascina Solarolo, la Zona 1 “2001” come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura grossolana (ghiaio-sabbiosi) e orizzonti a tessitura fine (argille e limi), ricoperte da una coltre prevalentemente limosa argillosa con spessore variabile tra 10 e 20 metri.

Anche dalle sezioni litologiche interpretative associate allo Studio di Microzonazione Sismica del territorio Comunale di Cadeo, emerge che il primo sottosuolo, fino a profondità normalmente comprese tra 10 e 20 m, è caratterizzato, dalla presenza di una copertura di depositi prevalentemente fini (limi e argille) o medio fini (sabbie e limi); al disotto della coltre suddetta sono presenti depositi prevalentemente ghiaiosi strutturati in strati con spessori variabili (dell'ordine di qualche metro), in alternanza a depositi fini.

7.2 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni

sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015, D.G.R. n.630/2019 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola A46 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PTCP si evince che il settore in oggetto è caratterizzato dal contatto tra i depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V_s < 800$ m/s ed assimilabili (D), che necessitano di un II livello di approfondimento in base alla Del.RER n.112. Alla luce dell'esclusione della potenziale liquefazione dei sedimenti in sito nel settore nord (in corrispondenza di

arricchimenti argillosi superficiali, almeno nei primi 10-20 metri dal p.c.). Nella porzione meridionale si ha il passaggio con arricchimenti sabbiosi limosi superficiali, nei primi 10-20 metri dal p.c., associabili a depositi alluvionali sabbiosi (S).

Dalla successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico presente in sito, emerge la prevalenza di terreni di copertura (sino a 16.0 metri di profondità) di natura argillosa.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene

sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) **un'analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

7.3 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini sveditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito in questa fase è stata eseguita una indagine sismica passiva con tecnica tomografica (HVSr), per la delineazione, sia delle Vs30eq di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.

La litologia emersa dall'inquadramento geologico associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), un modello geologico costituito da coperture quaternarie appartenenti al tipico di ambiente di pianura "AES8a". Dal pozzo presente in sito emerge una successione stratigrafica costituita da argilla sino a 16.0 metri seguita da ghiaia, sabbia e argilla.

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc.

L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato. Dalla carta del PSC questo settore non è associato a scenari di potenziale liquefazione dei sedimenti presenti nel sottosuolo, per la presenza di litologia sabbiose a profondità superiori i 20.0 metri dal

p.c., assetto confermato dalla successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico presente in sito.

Anche dalla seguente Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della V_{seq} (30) pari a 310 m/s caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro; la frequenza fondamentale risulta di 17 Hz.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

7.4 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$ che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale.

E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5\%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura che segue per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

al contatto tra Pianura 2 e 1 prevalente.

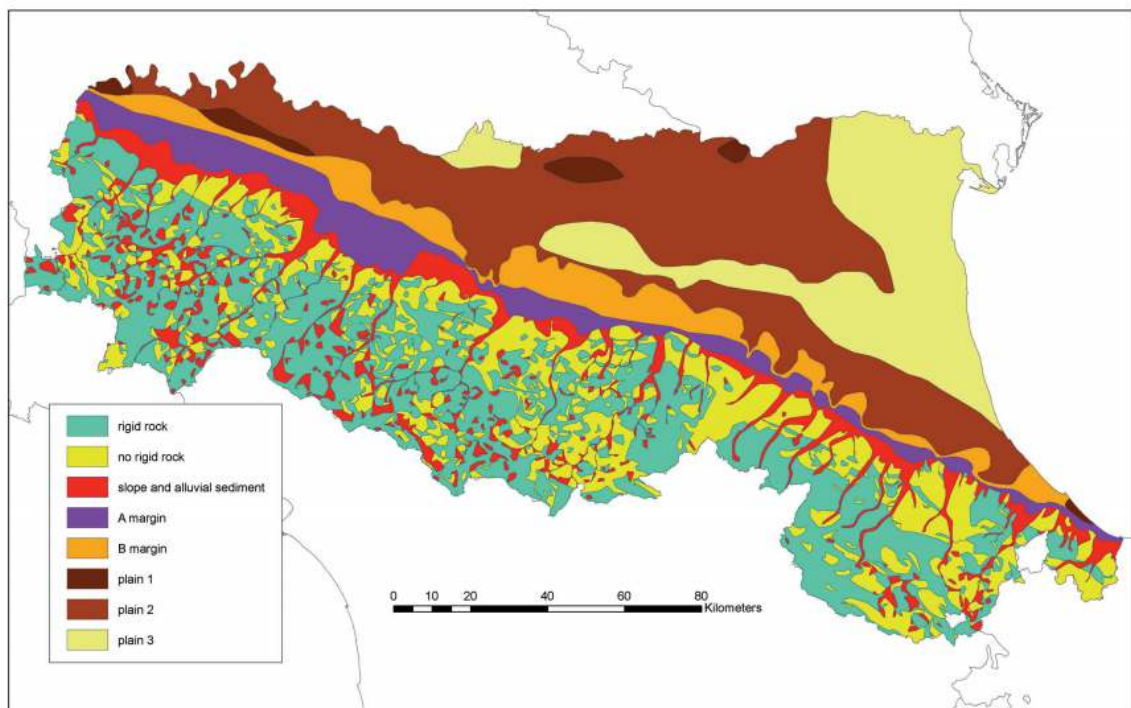


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un' importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità ≤ 100 m da p.c.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Da cui emerge che, per una $V_{s30eq} = 310$ m/s, si ha un FA PGA di 1.60.

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$),
SA4 ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Lo stesso procedimento viene applicato per gli altri fattori di amplificazione sismica.

7.5 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto: con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.100-0.125.

Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (a_{refg} con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si ha un punto della griglia prossimo a Roveleto di Cadeo a nord-est, con relativo valore di $A_{ref}(g)$. I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$$A_{ref}(g) = 0.1074$$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), ed al Comune di Cadeo si ha un valore di 0.110g.

7.6 – SCUOTIMENTO SISMICO

In valore assoluto lo scuotimento sismico atteso al sito (accelerazione in cm/sec²) è evidenziato dal parametro:

$$HSM = (ASI_{UHS}/\Delta T) \times FA$$

dove:

ASI_{UHS} : integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato nell'intervallo $0.1 \leq T \leq 0.5s$

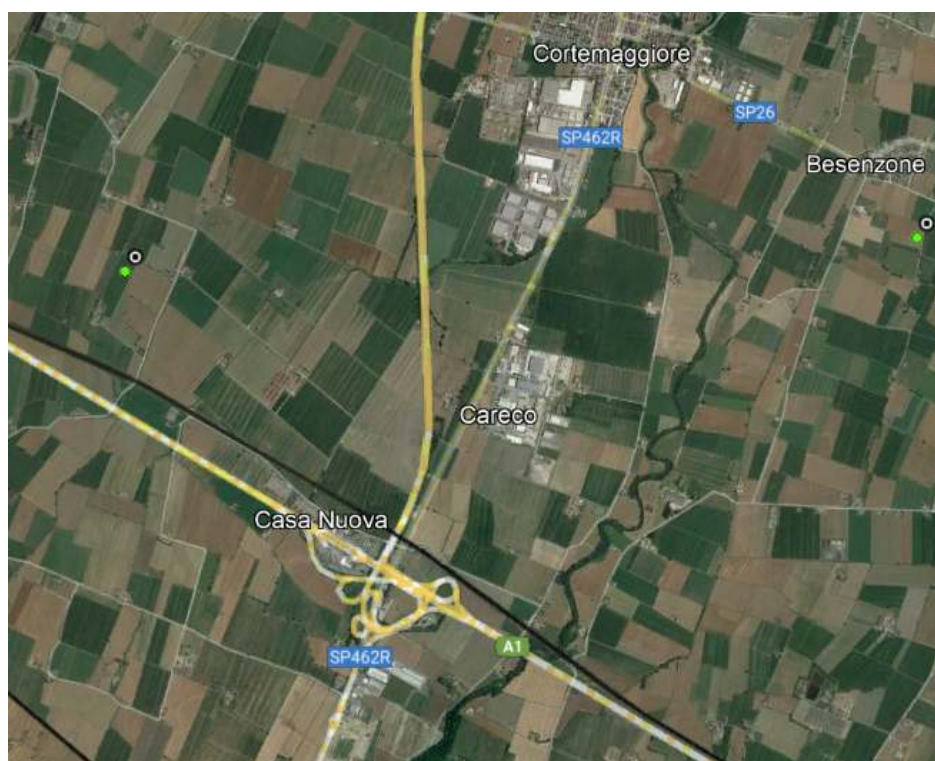
ΔT = tempo (la delibera di riferimento indica 0.4 s)

I valori del rapporto ($ASI_{UHS}/\Delta T$) sono stati calcolati per ogni punto della griglia INGV e sono disponibili nel data base della regione E.R. di cui si riporta uno stralcio della relativa carta:

Il lotto in esame è interno alla griglia quadrata in cui i vertici sono caratterizzati da un $ASI_{UHS}/\Delta T$ pari a 225 – 250, con un valore puntuale di un vertice prossimo al sito in oggetto pari a 237.

ne deriva:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA = 237 \times 1.6 = 379 \text{ cm/sec}^2$$



ASl₀₁₀₅ / 0,4s

cm/s²



125-150	225-250	350-375
150-175	250-275	375-400
175-200	275-300	400-425
200-225	300-325	425-450
	325-350	450-475

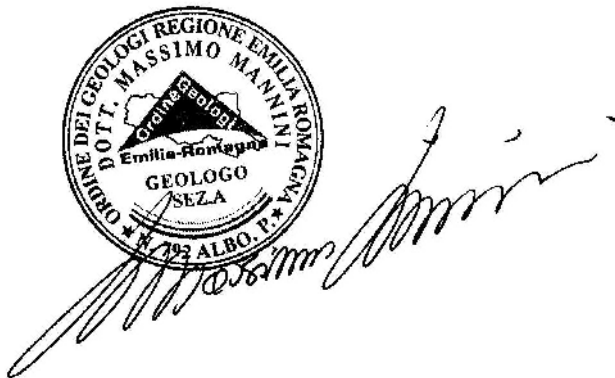
Regione Emilia-Romagna

servizio geologico
civico e dei suoli

8.0 – CONCLUSIONI

In fase di progettazione esecutiva verranno eseguiti gli approfondimenti geologici e geotecnici, con una campagna di indagini geognostiche.

Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

A circular professional stamp of the Ordine dei Geologi Regione Emilia-Romagna. The stamp contains the text "ORDINE DEI GEOLOGI REGIONE EMILIA ROMAGNA", "DOTT. MASSIMO MANNINI", "Emilia-Romagna", "GEOLOGO", "SEZA", and "ALBO. P.". A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Fiorenzuola d'Arda
21 settembre 2023
Massimo Mannini Geologo

--

Geologo Massimo Mannini C.FISC: nd P.IVA: 01268290333	Via: via Caduti di Cefalonia, 7/9 29017 Fiorenzuola d'Arda (PC) - Tel: - Fax: Email: info@manninimassimo.it Web:
--	---

	Data: settembre 2023
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Dati generali

Nome progetto:

Committente:

Cantiere:

Località: Cascina Solarolo di Cadeo - Pc

Operatore: Mannini

Responsabile: Mannini

Data: 16/09/2023 00:00:00

Zona: III

Latitudine:

Longitudine:

Tracce in input

Dati riepilogativi:

Numero tracce:

3

Durata registrazione:

600 s

Frequenza di campionamento:

155.00 Hz

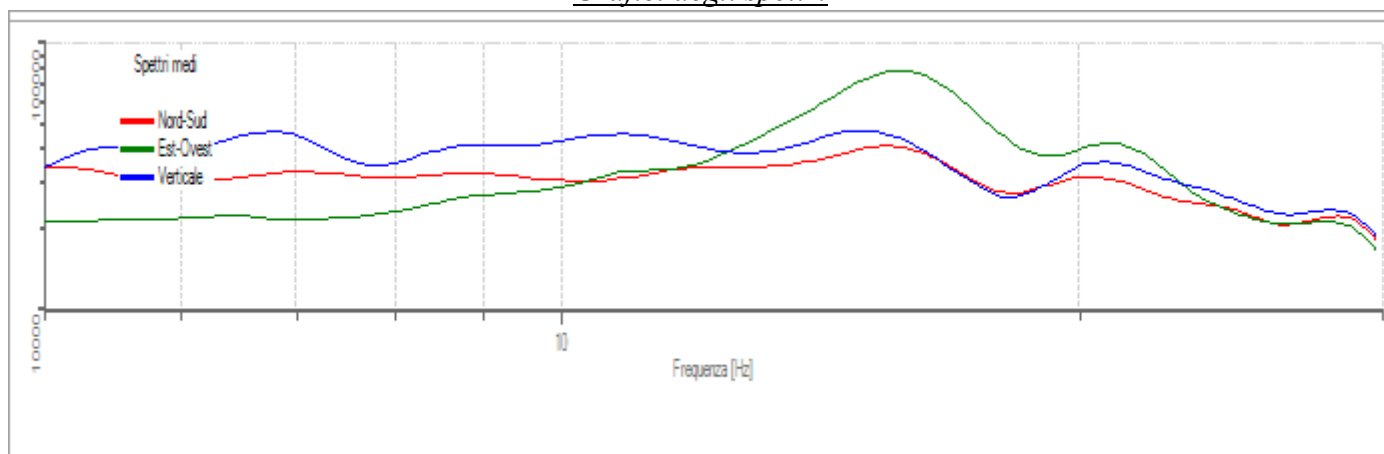
Numero campioni:

93000

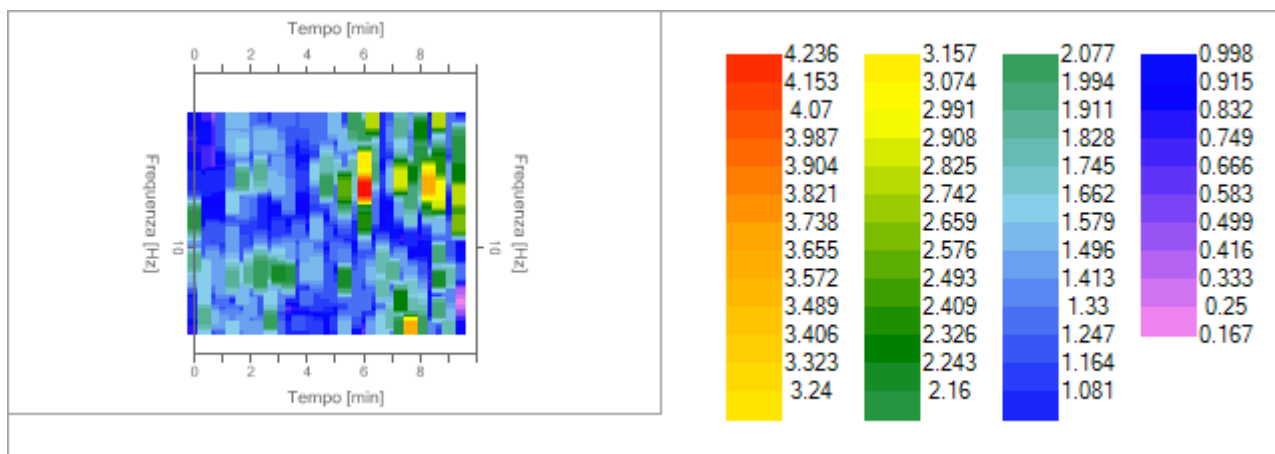
Direzioni tracce:

Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

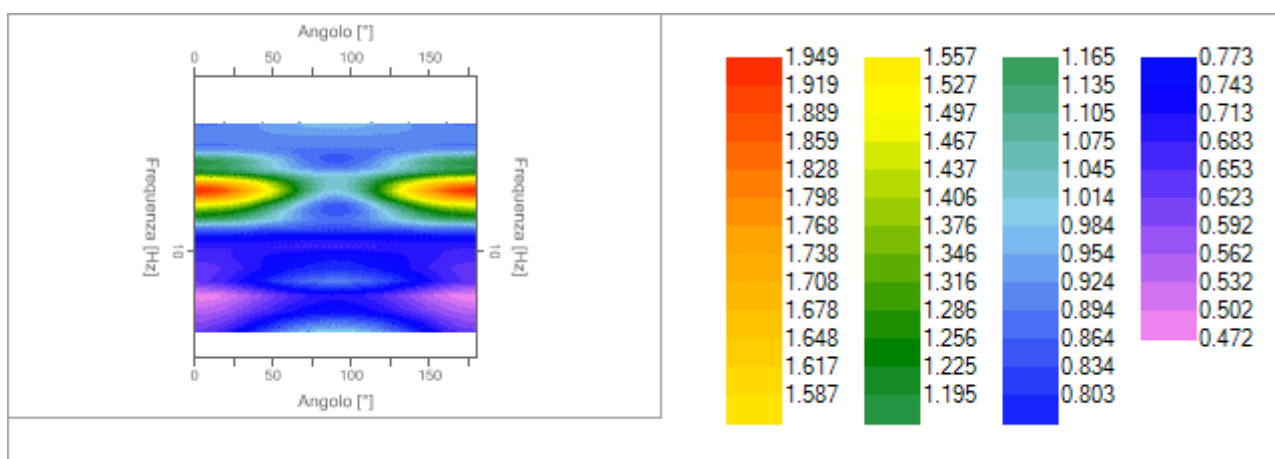
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

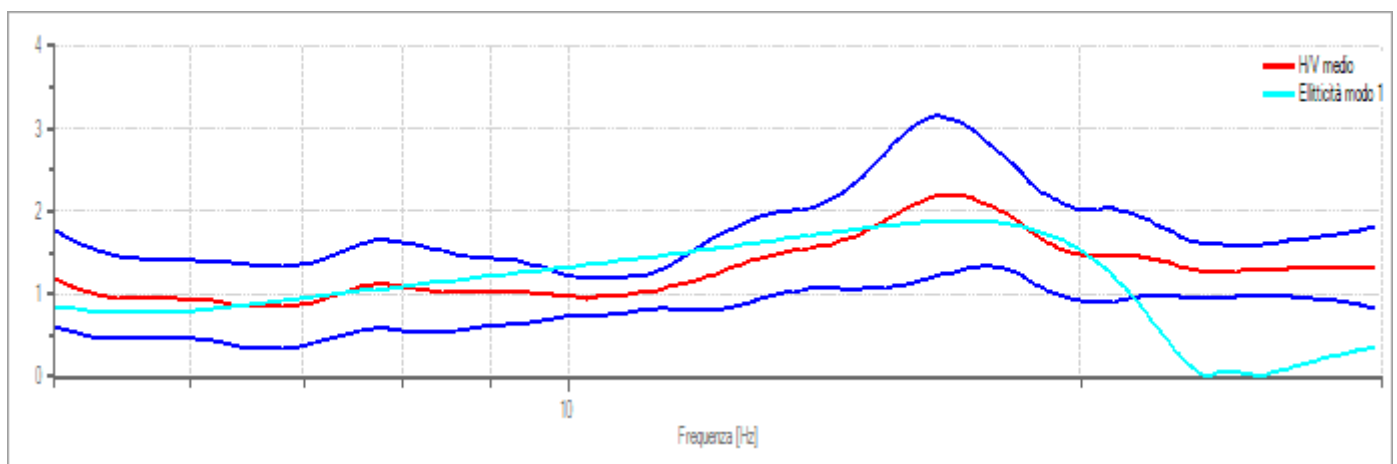
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz
 Frequenza minima: 5.00 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamiento:: Konno & Ohmachi
 Percentuale di lisciamiento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 16.70 Hz \pm 0.43 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

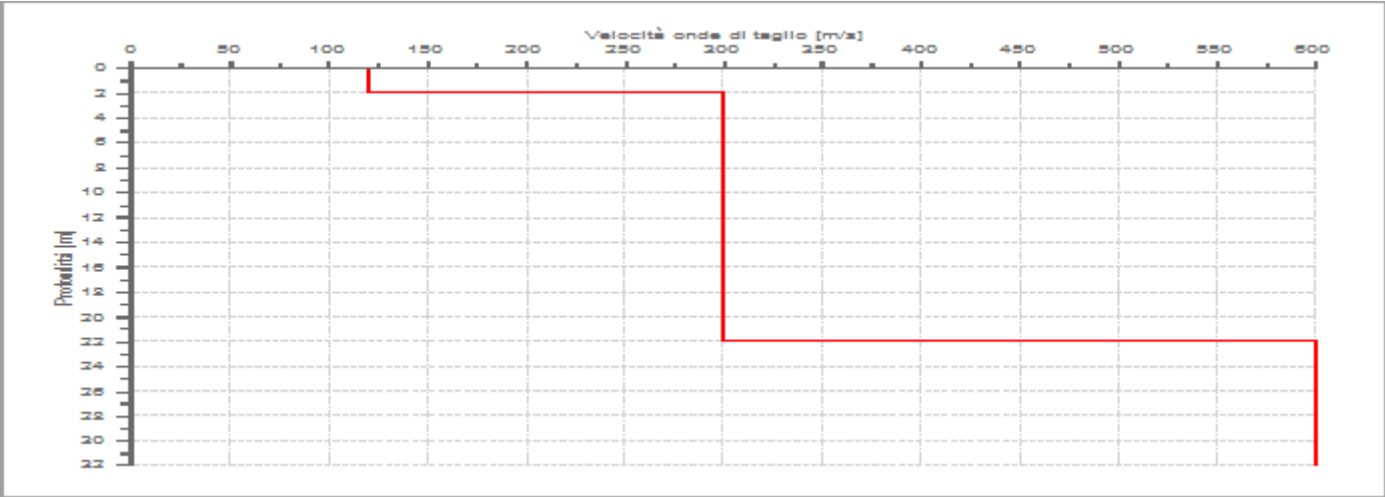
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3
Frequenza del picco dell'ellitticità: 17.00 Hz
Valore di disadattamento: 0.54
Valore Vs30: 310.34 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	2	18	0.44	120
2	2	20	19	0.35	300
3	22	10	20	0.3	600



Profilo delle velocità delle onde di taglio.