



PROGETTISTI

**massimobassini
architetto**

via Garibaldi, 83 - 29121 Piacenza • tel. e fax 0523 071364 • cell. 347 805974 • email archibasso63@gmail.com
Codice fiscale BSSMSM63D24D611R • Partita Iva IT01148130337 • Iscrizione Albo Architetti di Piacenza n° 264

Ing. Annamaria Croci

Studio Ingegneria Civile

Piazza XX Settembre, 23 - 29013 Carpaneto P.no (Pc)

Telefono 0523 859598 - e-mail: tecnico@crocicostruzioni.it

COMMITTENTE

Società C. 2000 s.r.l.

Via Santa Franca n° 21 - 29121 Piacenza (PC)

Codice fiscale/Partita Iva 01275620332

OGGETTO

Comune di San Giorgio P.no - Provincia di Piacenza

**ACCORDO OPERATIVO PER L'ATTUAZIONE
DELL'AREA "SAN FRANCESCO" IDENTIFICATA
COME AMBITO 8.0 (sub-ambito 8.1) E PARTE
DELL'AMBITO 9.0, AI SENSI DELL'ART. 38 DELLA L.R.
N. 24 DEL 21/12/2017**

TIMBRO E FIRMA

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

NUMERO ELABORATO

01/2020
LAVORO

FASE

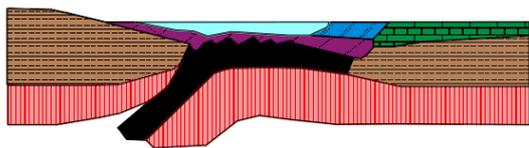
R05
ELABORATO

03
REV

SCALA

FILE

DATA 16 ottobre 2023



MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

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

**Integrazione sismica alla
Relazione Geologica-Sismica
caratterizzazione sito per sviluppo
Piano di Lottizzazione
(PSC Ambito 8.0 subambito 8.1 e Ambito 9.0)**

in Località "San Giorgio P.no (Pc)"

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - INDAGINI SVOLTE	3
4.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	3
4.1 – MODELLO GEOLOGICO DI SITO	3
4.2 - MODELLO GEOTECNICO	4
5.0 - TERRENI DI FONDAZIONE	5
6.0 - INQUADRAMENTO SISMICO	7
6.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	9
6.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	12
6.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	14
6.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	18
6.5 – SCUOTIMENTO SISMICO	21

1.0 - PREMESSA

La presente relazione integra la precedente relazione geologica sismica eseguita dallo scrivente nell'anno 2021 eseguita per la necessità di caratterizzare un sito entro cui si vuole realizzare una manifestazione di interesse, ai sensi della L.R. n.24 del 21.12.2017, art.4 per Ambito 8.0 (sub-ambito 8.1) e Ambito 9.0, posto a San Giorgio P.no (Pc), in accordo con la legislazione attualmente vigente.

2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dall'indagine è posto nel settore sud del territorio di S.Giorgio P.no, interposta tra Via San Francesco d'Assisi e Via Francesco Ghittoni.



Inquadratura territoriale.

Morfologicamente l'area in studio si trova in un settore di pianura ad un'altezza s.l.m. che varia da circa 103.0 metri nel settore sud a 100.5 metri a nord, la pendenza del terreno è molto modesta

convergenndo verso nord, nord-est, regimando il deflusso delle acque superficiali.

Nel settore orientale è presente l'asse viario della nuova tangenziale di San Giorgio P.no.

3.0 - INDAGINI SVOLTE

Al fine di ottenere utili informazioni sull'inquadramento geologico e litologico di sito, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche lito stratigrafiche e geotecniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, attraverso le risultanze di due prove penetrometriche statiche/dinamiche eseguite in sito.

Inoltre, in questa fase è stato realizzato un rilievo sismico passivo in situ con la tecnica tromografica.

4.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti all'interno dell'areale in oggetto, come da planimetria allegata alla relazione geologica.

In prossimità di questo settore è stata realizzata una prova penetrometrica dinamica dal PSC, riferimento S005; inoltre nei settori a nord e sud-ovest si trovano pozzi idrici della Banca Dati Regionale e Comunale (Pozzo P655, P659, P622), per l'ubicazione si veda l'estratto della carta geologica.

Tutte queste informazione servono a delineare il modello geologico e geotecnico di sito.

4.1 – MODELLO GEOLOGICO DI SITO

Dalle prove penetrometriche emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una litologia di copertura di terreno limoso pedogenizzato (Orizzonte O) fino a circa 1.00 metri, seguito da limo con qualche ciottolo di ghiaietto (Orizzonte A) fino a circa 2.50-3.00 metri di profondità; successivamente in profondità si rinvia arricchimento di ghiaia in matrice limosa (Orizzonte B) fino alle massime profondità indagate, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento della prova – rifiuto geotecnico.

A conferma stratigrafica segue la successione litostratigrafica emersa dal pozzo idrico eseguito nel settore limitrofo (Banca dati Regione Emilia-Romagna e PSC Comunale):

Pozzo P655 posto a nord

0.0-3.0: argilla
3.0-9.0: argilla e ghiaia
9.0-12.0: ghiaia
12.0-30.0: argilla
30.0-35.0: ghiaia
35.0-50.0: argilla
50.0-57.0: ghiaia
57.0-66.0: argilla
66.0-71.0: ghiaia
71.0-76.0: argilla

Pozzo P659 posto a sud-ovest

0.0-4.0: argilla
4.0-11.0: ghiaia
11.0-25.0: argilla e ghiaia
5.0-29.0: ghiaia
29.0-40.0: ghiaia e sabbia

Pozzo P622 posto a nord-est

0.0-2.5: argilla
2.5-14.0: ghiaia
14.0-23.0: argilla
23.0-30.0: ghiaia
30.0-33.0: argilla
33.0-38.0: ghiaia
38.0-45.5: sabbia e ghiaia
45.5-55.0: argilla
55.0-113.0: ghiaia e argilla

4.2 - MODELLO GEOTECNICO

Orizzonte O: copertura argillosa limosa pedogenizzata

Profondità: dal p.c. fino a 1.00 metri
(Coesione non drenata) $C_u = 0.70$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.85$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E = 50$ [Kg/cm²]

Orizzonte A: limo con ghiaietto

Profondità: da 1.00 fino a 2.50-3.00 metri
Angolo di attrito di picco) $\varphi = 35^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 60\%$
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]
(Modulo Elastico) $E' = 110$ [Kg/cm²]

Orizzonte B: ghiaia e limo

Profondità: da 2.50-3.00 fino alle massime profondità indagate

Angolo di attrito di picco) $\varphi = 40^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 90\%$

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]

(Modulo Elastico) $E' = 530$ [Kg/cm²]

5.0 - TERRENI DI FONDAZIONE

Per la determinazione dei carichi ammissibili dei terreni in rapporto al tipologia di struttura fondazionale e dei sovraccarichi strutturali, è stata seguita la metodologia progettuale, alla luce delle normative attualmente vigenti in materia (NTC '08 - D.M. 14.01.2008 e successivo D.M. 2018).

Le NTC '08 (D.M. 14.01.2008 e successivi) hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento T_r :

ag = accelerazione massima al sito di riferimento;

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

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

La determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, che si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente

definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica. E' stata ipotizzata una classe litosismica di tipo B alla luce delle Vs30 = 405 m/s emersa dall'indagine sismica passiva eseguita in sito, e classe topografica di tipo T1 per le modeste pendenze che caratterizzano questo settore di pianura. Si rimane a disposizione di qualunque variazione che il tecnico progettista ritenesse utile.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,035 g
Fo:	2,530
Tc*:	0,211 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,044 g
Fo:	2,530
Tc*:	0,237 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,102 g
Fo:	2,531
Tc*:	0,291 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,131 g
Fo:	2,509
Tc*:	0,298 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	
Ss:	1,200
Cc:	1,500
St:	1,000
Kh:	0,008
Kv:	0,004

	Amax:	0,416
	Beta:	0,200
SLD:	Ss:	1,200
	Cc:	1,470
	St:	1,000
	Kh:	0,010
	Kv:	0,005
	Amax:	0,513
	Beta:	0,200
SLV:	Ss:	1,200
	Cc:	1,410
	St:	1,000
	Kh:	0,029
	Kv:	0,015
	Amax:	1,202
	Beta:	0,240
SLC:	Ss:	1,200
	Cc:	1,400
	St:	1,000
	Kh:	0,038
	Kv:	0,019
	Amax:	1,544
	Beta:	0,240

6.0 - INQUADRAMENTO SISMICO

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto sono state prese in considerazione le successioni litostratigrafiche emerse, sia dai sondaggi penetrometrici, che dai pozzi idrici presenti in questo settore spinti a profondità ben superiori i 30.0 metri dal p.c.: fonte Regione Emilia Romagna, PSC Comunale. Inoltre, nel sito è stata eseguita una indagine sismica passiva con la tecnica tromografica che ha delineato una $V_{s30} = 405$ m/s, vedasi relazione sismica interpretativa allegata.

CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO

Alla luce dell'inquadrimento sismico emerso il sito in oggetto appartiene alla categoria di tipo B, mentre la categoria topografica è T1 per la presenza di pendenze impercettibili entro questo settore di San Giorgio P.no.

Non si hanno effetti litologici di amplificazione sismica, per l'assenza di litologie sabbiose sature nei primi 30.0 metri significativi.

REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto, non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive, né di condizioni tettoniche-morfologiche che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche".

Per terreni sub-pianeggianti si ha un parametro di correzione topografica S_t pari a 1.00, ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito:

$$a_{max} = S_s * S_t * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' a_{max} attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

Dalle indagini geognostiche e sismiche eseguite sul sito, a confermare indagini eseguite in aree limitrofe e stratigrafie emerse da pozzi idrici, l'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "B", a tale categoria viene associato un parametro litologico $S_s = 1.20$.

Ne deriva che l'accelerazione massima al sito = $1.20 * a_g$

Dove a_g = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante T1 e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' a_{max} sul sito, permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

SISMICITA' TERRITORIO

I parametri sismici del sito d'intervento, sono riportati nel paragrafo precedente. Il Comune di San Giorgio P.no è classificato in classe 3 rispetto alla precedente normativa sismica in materia OPCM 3274.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In accordo con l'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5-1998" al p.to 4.1.3 "terreni potenzialmente liquefacibili", si hanno le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni.

Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli.

Al p.to 4.1.10: nel caso di edifici aventi fondazioni superficiali, la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo (condizione litologica peggiore), si trova a profondità superiore a 15 metri.

Non è stata eseguita la verifica alla potenziale liquefazione dei terreni granulari, per la presenza di litologie ghiaiose ed argillose-limose prevalenti che si trovano ben al di fuori del campo litologico di potenziale liquefazione.

6.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le condizioni che si hanno in sito possono portare a modificazioni dell'azione sismica di riferimento, che è definita dall'accelerazione massima attesa in sito (a_{max}) e dalle relative forme spettrali di riferimento, che definiscono i parametri F_0 , T_c^* , A_{gmax} .

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 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 GEO09 "Carta delle aree suscettibili di pericolosità sismica locale" estratta dal PSC si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi misti che non necessitano di un livello di approfondimento in base alla Del.RER n.112.

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.

6.2 - 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 svedite 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 sono state eseguite due prove penetrometriche all'interno dell'area, ed una indagine sismica passiva con tecnica tomografica (HVSR), per la delineazione, sia delle V_{seq} di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.

La litologia emersa dalle indagini geognostiche eseguite in sito, associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), una omogeneità litologica definita dal modello geologico di sito: "coperture quaternarie" appartenenti al Subsistema di Ravenna, tipico di ambiente di pianura "AES8". Dalle prove penetrometriche emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una litologia di copertura di terreno limoso pedogenizzato (Orizzonte O) fino a circa 1.00 metri, seguito da limo con qualche ciottolo di ghiaietto

(Orizzonte A) fino a circa 2.50-3.00 metri di profondità; successivamente in profondità si rinviene arricchimento di ghiaia in matrice limosa **(Orizzonte B)** fino alle massime profondità indagate, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche non hanno permesso il proseguimento della prova – rifiuto geotecnico.

Dalla prova S005 eseguita nel settore sud per il PSC al di sotto di tale orizzonte maggiormente ghiaioso (Orizzonte B), si è delineato un orizzonte con minore presenza di ghiaia, assimilabile all'Orizzonte A da circa 3.0-4.0 metri fino alle massime profondità di 14.0 metri dal p.c.

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.

Anche dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici. Solamente nel settore nord si ha una linea di sovra scorrimento sepolta.

Morfologicamente l'area in studio si trova in un settore di pianura ad un'altezza s.l.m. di circa 103.0 metri, la pendenza del terreno è molto modesta convergendo verso nord, nord-est, regimando il deflusso delle acque superficiali. I caratteri morfologici dell'area sono dati dal talweg del T.Nure presente a circa 1.500 metri lineari ad ovest.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della V_{seq} (30) pari a 405 m/s, e viene definita la frequenza fondamentale del terreno pari a 35,25 Hz con rapporto $H/V = 1.31$, 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.

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.

6.3 - 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, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s 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:

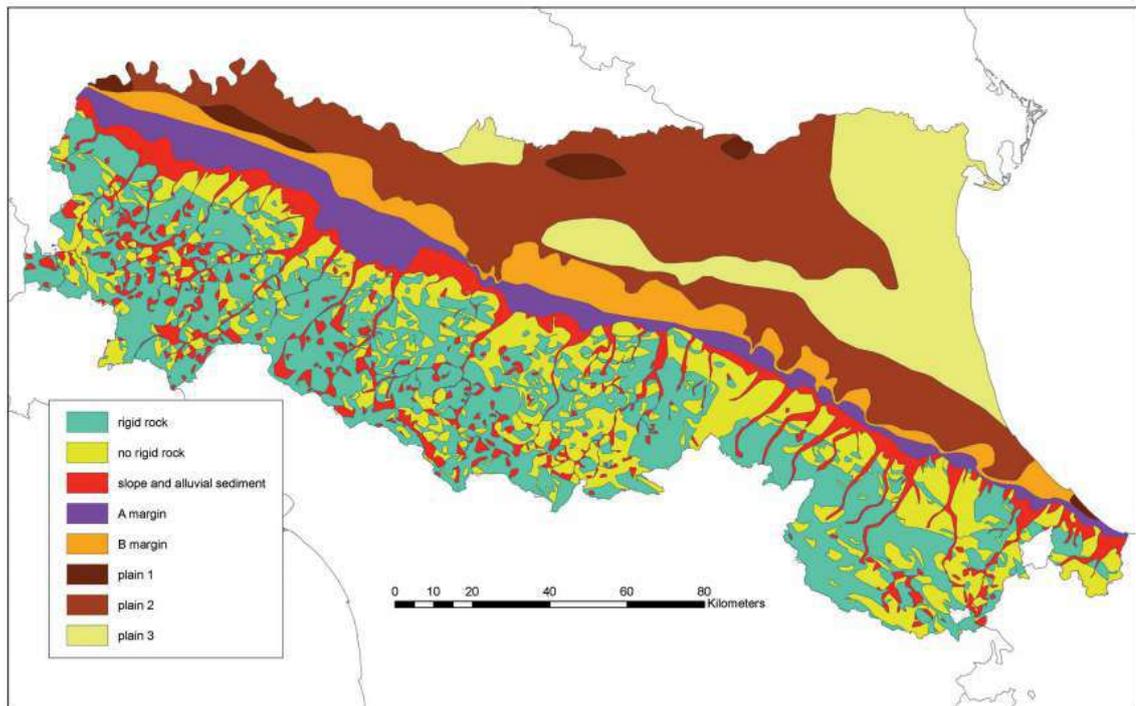


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

MARGINE: settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido).

MARGINE di tipo A: caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di V_s media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi.

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione PGA

Considerando l'analisi sismica di sito effettuata, emerge uno stacco tra i sedimenti fini con $v_s = 180$ m/s e quelli sottostanti grossolani con $v_s = 427$ m/s a circa 1.30 metri dal p.c.

Dalla prova sismica di sito emerge una V_{seq30} pari a 405 m/s con classi topografica di tipo T1 alla luce dell'assenza di pendenze di rilievo, ne tanto meno, di scarpate.

Considerando una V_{sh} nei primi 1.30 metri pari a 180 m/s, si associa alla tabella soprastante del Fattore di Amplificazione PGA, nelle ordinate la classe di V_{sH} dei 200 m/s, mentre nelle ascisse il valore associato alla classe di H (m) dei 5 metri; pertanto ne deriva un valore di F.A. PGA = 2.1.

Considerando invece il valore medio di V_{sh} nei primi 5 metri dal p.c., si evince un valore di V_{sH} pari 314 a m/s; pertanto si associa alla tabella soprastante del Fattore di Amplificazione PGA, nelle ordinate la classe di V_{sH} dei 300 m/s, mentre nelle ascisse il valore associato alla classe di H (m) dei 5 metri; pertanto ne deriva un valore di F.A. PGA = 1.5.

Il progettista valuterà quale aliquota del Fattore di Amplificazione PGA considerare nella progettazione delle strutture.

La medesima considerazione (approccio) verrà eseguita sui Fattori di Amplificazione SA1, SA2, SA3, SI1, SI2.

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione SA2 ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione SA3 ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

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

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

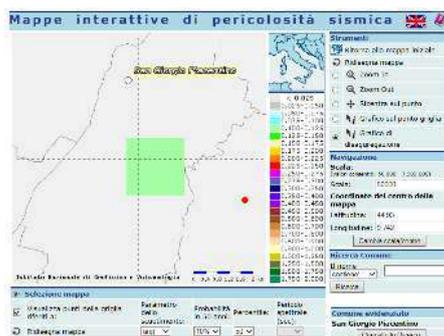
V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

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.

6.4 - 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.

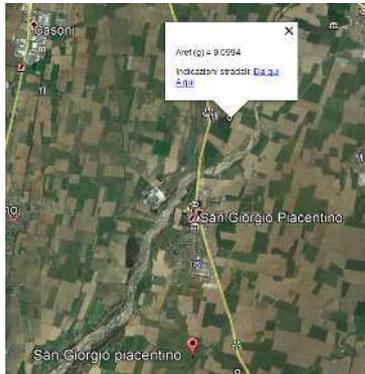
Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

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 (arefg con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si hanno due punti della griglia prossimi a San Giorgio P.no, uno a nord ed uno a sud, con relative valori di Aref(g). I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.



$Aref(g) = 0.1056$



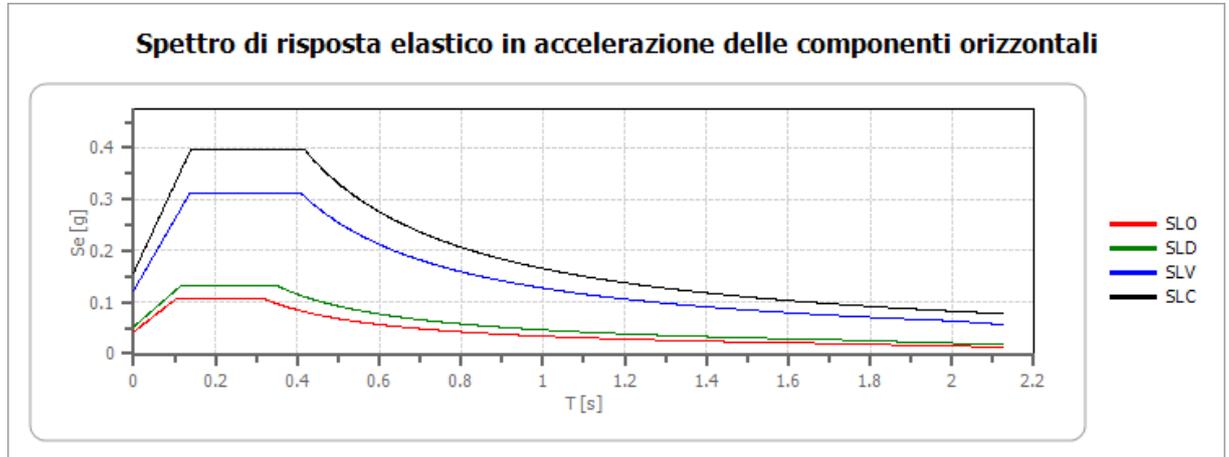
$Aref(g) = 0.0994$

I due punti sono circa equidistanti dall'areale, prendendo come media dei valori rappresentativi nell'intorno dell'areale in oggetto, si ha un valore pari a 0.1025.

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 San Giorgio P.no si ha un valore di 0.101g.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

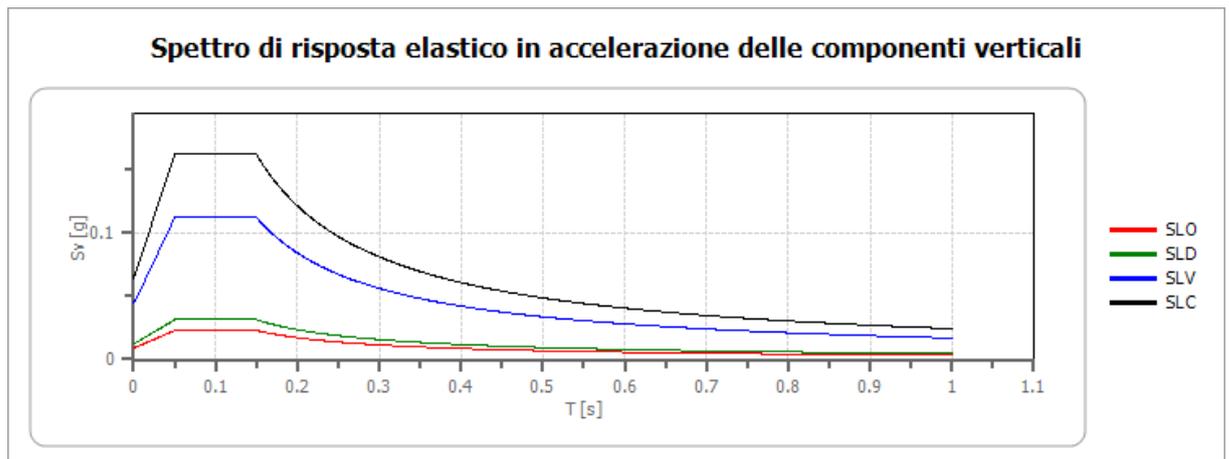


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.035	2.530	0.211	1.200	1.500	1.000	1.200	1.000	0.105	0.316	1.742	0.043	0.108
SLD	1.0	0.044	2.528	0.237	1.200	1.470	1.000	1.200	1.000	0.116	0.349	1.775	0.053	0.133
SLV	1.0	0.102	2.530	0.291	1.200	1.410	1.000	1.200	1.000	0.137	0.410	2.010	0.123	0.311
SLC	1.0	0.131	2.509	0.298	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.139	0.418	2.126	0.158	0.396

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(T B) [g]
SLO	1.0	0.035	2.530	0.211	1	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.009	0.023
SLD	1.0	0.044	2.528	0.237	1	1.470	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.012	0.031
SLV	1.0	0.102	2.530	0.291	1	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.044	0.112
SLC	1.0	0.131	2.509	0.298	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.064	0.162

6.5 – SCUOTIMENTO SISMICO

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

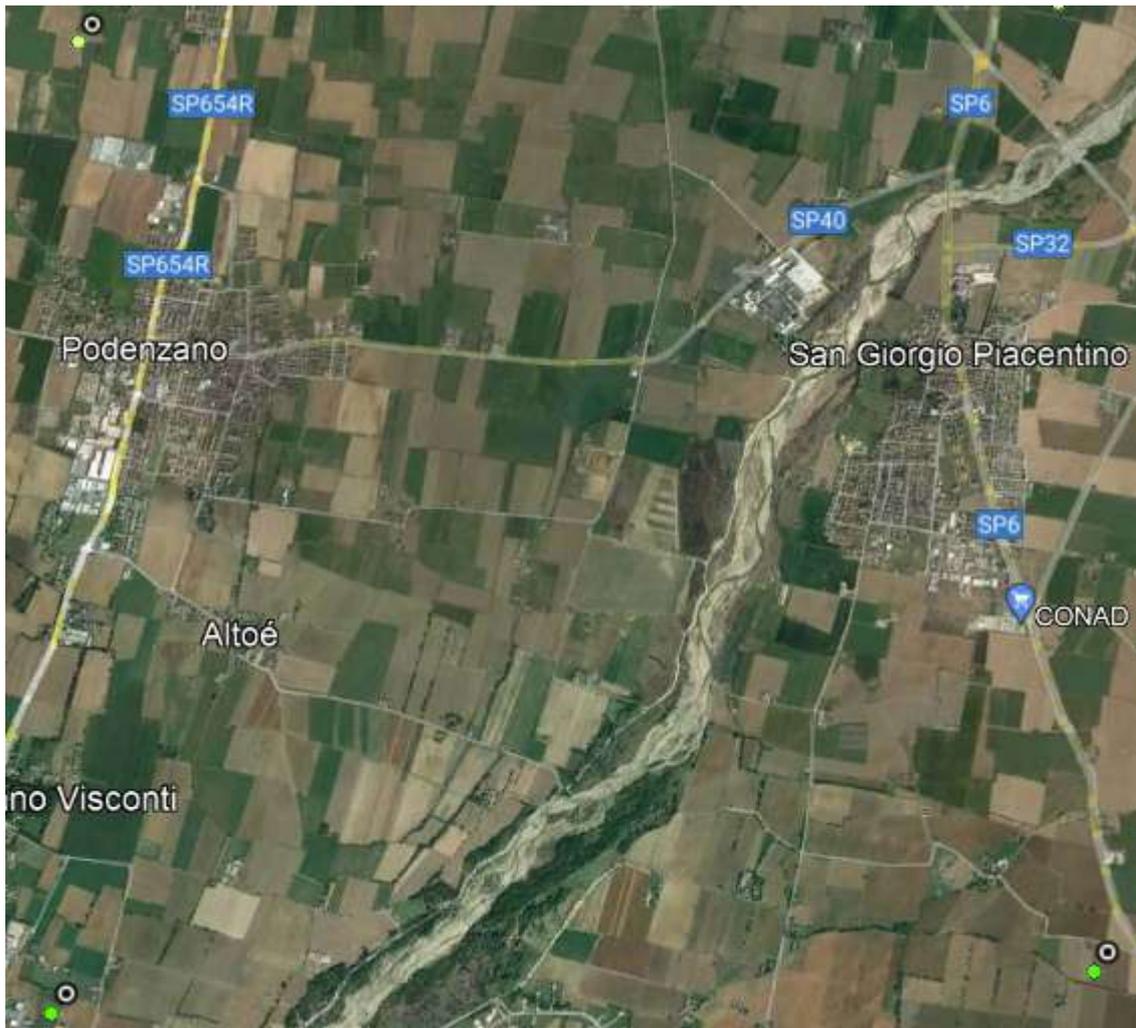
$$HSM = (ASI_{UHS}/\Delta T) \times FA$$

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}/ΔT) 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:



ASI₀₁₀₅ / 0,4s



Il lotto in esame è interno alla griglia quadrata in cui i vertici sono caratterizzati da un ASI_{UHS}/ΔT pari a 225 - 250, con un valore puntuale di un vertice prossimo al sito in oggetto pari a 235. ne deriva:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA = 235 \times 1.5 = 352 \text{ cm/sec}^2$$

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA = 235 \times 2.1 = 493 \text{ cm/sec}^2$$



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

*Fiorenzuola d'Arda
24 ottobre 2023
Massimo dott. Mannini geologo*