

PROGETTISTA

Gasparini Associati
studio di ingegneria e architettura
di Piero A. Gasparini e Ilaria Gasparini

Via E. Petrolini n.14/A
42122 REGGIO EMILIA
TEL: 0522/557508
FAX: 0522/557556
E-MAIL: edilizia@gaspariniassociati.it
P.IVA: 02532680358

Progettista:

Arch. Ilaria Gasparini

Gruppo di lavoro:

Ing. Piero A. Gasparini

Arch. Giulia Dallaglio

Dott. Francesco Caselli

COMMITTENTE

Azienda Pubblica di Servizi alla Persona
(Asp) Opus Civium

PROPRIETARIO

COMUNE DI CASTELNOVO DI SOTTO

OGGETTO

PRATICA DI RIORDINO PREVENZIONE INCENDI
CASA PROTETTA E CENTRO DIURNO
DI CASTELNOVO DI SOTTO (RE) - Il Stralcio

TITOLO

Relazione geologica

TIMBRI

SCALA

EMISSIONE

DATA

progetto preliminare

dicembre 2013

progetto definitivo (pratica n. 19179 VVF)

gennaio 2014

progetto esecutivo

settembre 2017

Aggiornamento

novembre 2020

Aggiornamento Rev_01

marzo 2021

TAVOLA

R.06



N.B. : il rilievo geometrico è desunto dagli elaborati forniti dall'Amministrazione Comunale.

Il contenuto di questo documento è da ritenersi riservato e non può essere divulgato a terzi senza una autorizzazione formale della proprietà e dei progettisti. Anche in caso di autorizzazione è obbligatorio citare la committenza, il progettista e l'esecutore.

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



UNIONE TERRA DI MEZZO
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA DELLA CONCILIAZIONE - CASTELNOVO DI SOTTO

**REALIZZAZIONE DI UNA SCALA DI EMERGENZA
A SERVIZIO DELLA CASA PROTETTA E CENTRO DIURNO**



COMMITTENTE : UNIONE TERRA DI MEZZO

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

1. PREMESSA	2
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE	3
3. INQUADRAMENTO TETTONICO – GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	7
4. METODOLOGIA D’INDAGINE	10
5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
6. RISCHIO IDRAULICO	14
7. SISMICITÀ DELL’AREA.....	17
8. RISPOSTA SISMICA LOCALE	23
9. MICROZONAZIONE SISMICA	27
10. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO.....	29
11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	32
12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33

ALLEGATI:

- UBICAZIONE INDAGINI
- PROVA PENETROMETRICA STATICA
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi, trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Castelnovo di Sotto (RE), su cui è in studio la realizzazione di una scala di emergenza a servizio della casa protetta e centro diurno.

L'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni qui presenti. Più precisamente, sono state eseguite: una penetrometria statica nonché uno stendimento sismico a rifrazione tipo MASW per determinare il V_{s30} del terreno esaminato.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino. Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

Vengono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.G.R. n° 630 del 29/04/2019 revisione indirizzi per gli studi di microzonazione sismica;
- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS");
- L. 64/74 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- D.M. 11/3/88 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

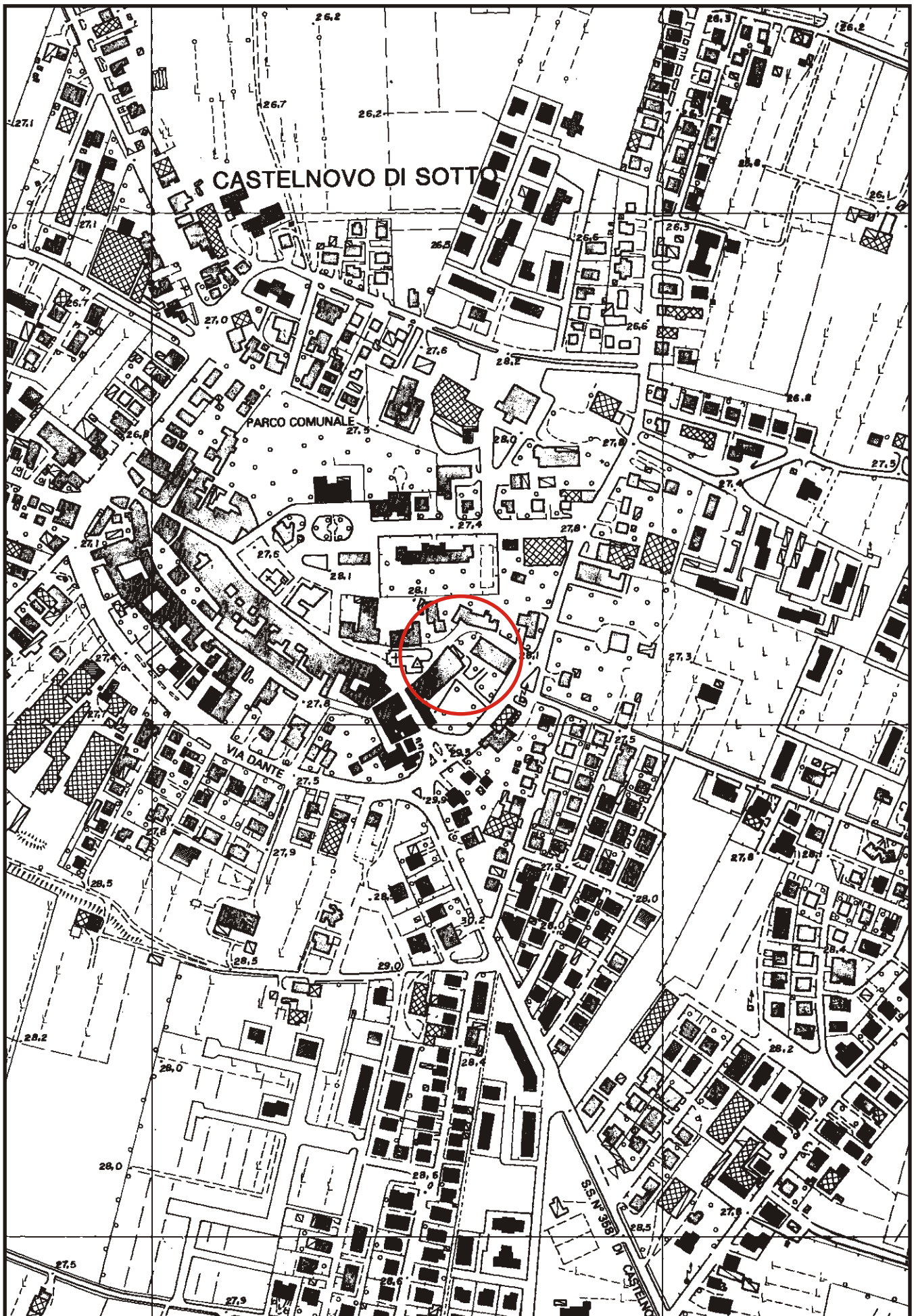
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in esame, posta alla quota di 28.1 m s.l.m., appartiene alla vasta superficie pianeggiante della bassa pianura.

La scala di emergenza verrà realizzata lungo la parete rivolta a settentrione della casa protetta e centro diurno, la cui area di ingombro, in buona parte occupata da un ampio giardino, è situata a sud del centro storico tra la chiesa parrocchiale e via Sant'Andrea, a fianco della quale si estende verso sud sino all'incrocio con via Antonio Gramsci. Più precisamente, la scala verrà a ricadere in un'area cortiliva attualmente ghiaiaata antistante all'edificio e al suo giardino nonché a un'altra struttura di proprietà dell'AUSL; all'area e alla scala si accederà quindi da Via della Conciliazione (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 – elemento n° 182152 – Castelnovo di Sotto, estratto del foglio n° 32 della planimetria catastale in scala 1:1.000, planimetria di progetto in scala 1 : 500 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

Elemento n° 182152 - Castelnuovo di Sotto

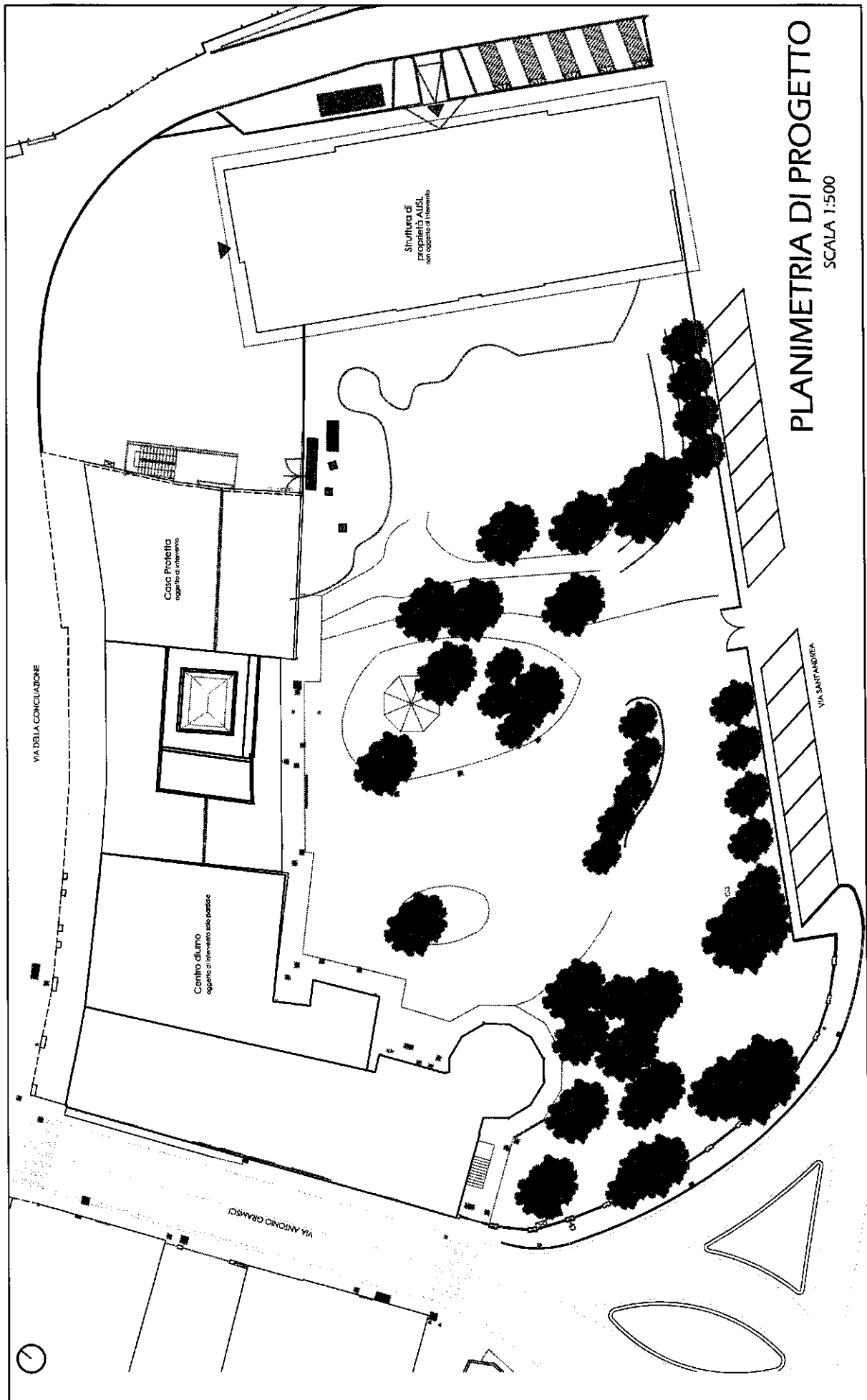




N=4963000

E=1623700

1 Particella: 124



PLANIMETRIA DI PROGETTO

SCALA 1:500

Come sottolineato, l'intervento ricade in corrispondenza di un'area intensamente antropizzata e più precisamente in un'area cortiliva che, come sottolineato ed altresì accertato con l'indagine penetrometrica, è stata realizzata mediante l'utilizzo di ghiaie eterometriche.

Alla base di questa coltre di riporto, avente una potenza di circa 80 cm, necessariamente asportata per consentire l'esecuzione dell'indagine con un escavatore a cucchiaio a braccio snodabile, è poi presente il preesistente suolo.

Secondo la classificazione adottata dal Servizio Cartografico – Ufficio Pedologico della Regione Emilia – Romagna i suoli qui presenti si sono morfologicamente formati in aree rilevate della pianura alluvionale. Ascritti al Gruppo 3, essi si caratterizzano per condizioni di alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati. In questa fascia di territorio essi più precisamente rientrano nel Sottogruppo 3B - Unità 3Ba. Di essi si dice che si tratta di suoli pianeggianti, con pendenze che variano tra lo 0.1 ed il 0.3%. In sintonia con quanto riscontrato in sito, sono profondi, circa un metro di spessore, hanno una media tessitura e presentano una buona disponibilità di ossigeno; calcarei e moderatamente alcalini, si sono formati in sedimenti fluviali a media tessitura. Secondo la Legenda FAO, essi rientrano negli Haplic Cambisols ed hanno un prevalente utilizzo a seminativo semplice, con colture orticole a pieno campo e vigneto.

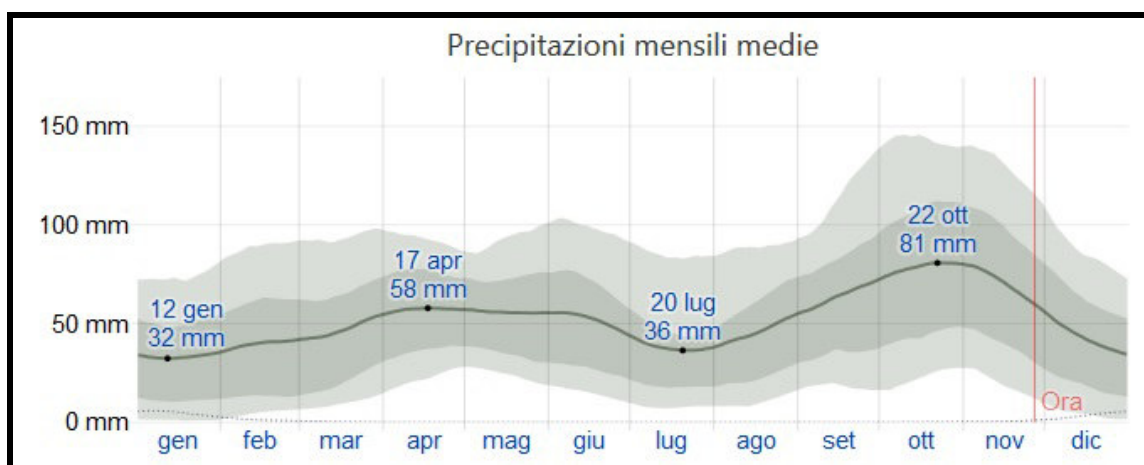
Sono questi suoli profondi, circa un metro di spessore, con tenore in sostanza organica elevato. La potenzialità, piuttosto alta, è limitata solamente dalla tessitura particolarmente fine.

In base ad analoghi studi a carattere pedologico, contenuti nelle note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000, si fa altresì presente che questi suoli, secondo le più recenti suddivisioni stratigrafiche adottate a livello regionale posti al tetto del Subsintema di Ravenna (AES₈), con profilo inferiore ai 150 cm, presentano un basso grado di alterazione; si dice inoltre che essi sono parzialmente decarbonatati ed articolati negli orizzonti A, Bw, Bk, (C) (entisuoli), con colori di alterazione (Munsell, 1975) degli orizzonti B delle pagine 10YR-2,5Y (giallo-bruno).

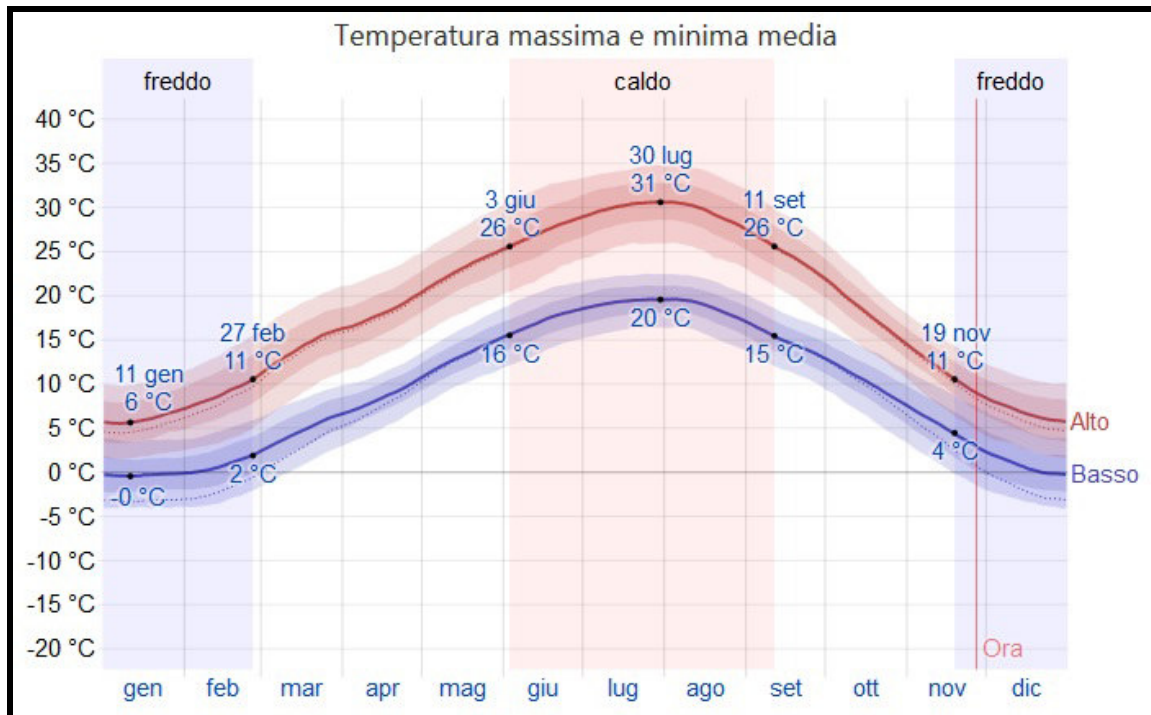
Il clima in Castelnovo di Sotto, secondo la classificazione stabilita da Köppen e Geiger, è di tipo Cfa continentale, con estati calde e prevalentemente serene ed inverni molto freddi e parzialmente nuvolosi. Ulteriori specifiche suddivisioni operate da Pinna M., adottate considerando il concetto di “mese estivo con forte flessione della piovosità”, secondo il *Regime delle precipitazioni* (carta pubblicata dal CNR) e non quello originale del climatologo russo-tedesco, per zone come questa della pianura alluvionale padana ci dicono altresì si può fare riferimento al clima Csa, temperato caldo dell'estate mediterranea.

Secondo l'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna dell'Agenzia ARPAE, rispetto all'intervallo 1961/1990, dal 1991 sino al 2015 è stato registrato un incremento di 1.4 °C della temperatura media annua, da 12.6 °C a 14 °C mentre, sempre confrontando i due periodi, una diminuzione delle precipitazioni, da 728 mm a 665 mm.

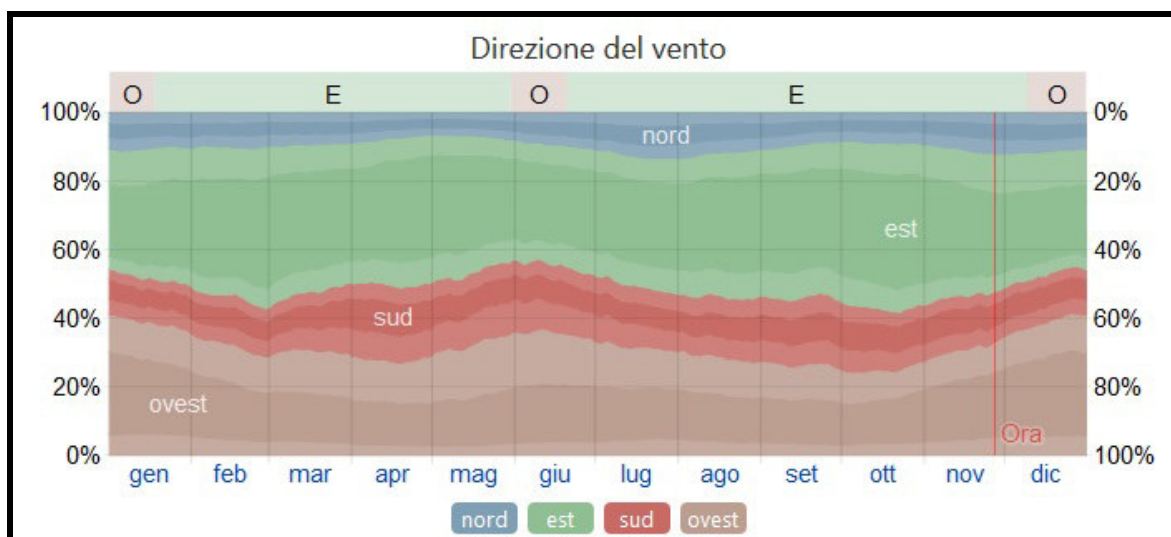
Le precipitazioni, valutate mensilmente, registrano un minimo di pioggia (32 mm) in inverno, nell'intervallo che ha il suo minimo il 12 gennaio ed anche in estate (36 mm), con minimo il 20 luglio mentre la massima piovosità (81 mm) si verifica invece in autunno nella mensilità con un massimo il 22 ottobre. Le precipitazioni, con medie mensili di 58 mm, si mantengono costanti in primavera.



Nella stagione calda, da inizio giugno a fine prima decade di settembre, si registra una massima a fine luglio di 30 °C mentre in quella fredda, da inizio terza decade di novembre sino a fine febbraio, la minima è in gennaio con 0 °C.



Il vento è più spesso da est da metà gennaio a fine maggio e da giugno inoltrato sino a inizio dicembre mentre proviene invece più spesso da ovest nel mese di giugno e nel periodo invernale, da inizio dicembre a metà gennaio.



3. INQUADRAMENTO TETTONICO – GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il territorio di Castelnovo di Sotto risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico, il territorio in esame si presenta quindi di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio ricada a valle di una sinclinale sepolta con immersione verso NW e ad occidente di un'anticlinale anch'essa sepolta che, con direzione SW/NE, costituisce le ultime propaggini della dorsale ferrarese.

Nell'interpretazione del comportamento di queste strutture ci torna utile la Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale (cf. stralcio).

Redatta a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche e con studio pubblicato sul Bollettino della Società Geologica Italiana nel 1982, che analizza il comportamento dinamico del territorio attraverso fasi temporali che dal Messiniano si spingono sino all'attuale, l'elaborato ci evidenzia che il territorio in esame, rispetto all'ultimo intervallo (IV + V), dall'inversione Matuyana-Brunhes al presente, più semplicemente dal Pleistocene medio-sup. all'Olocene, ricade in una zona che, a NO di Reggio nell'Emilia, è condizionata da queste importanti strutture responsabili degli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012. In questa sede ci si limita a riproporre quest'ultima fase in cui le frecce sono testimoni di un comportamento differenziale con, relativamente a quest'ultimo periodo, un abbassamento verso E/SE.

Entrando poi nel dettaglio, la Carta Geologica del CARG (cf. stralcio) evidenzia che tutto il territorio in esame ricade a sud di un sovrascorrimento profondo post-tortoniano; in questa zona la base del Pliocene è stata individuata ad una profondità considerevole, oltre i 7250 m.

Secondo quanto riportato dal “Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia” edito dall’Amministrazione Provinciale, il limite effettivo delle conoscenze litostratigrafiche è tuttavia molto inferiore, circa 250 m rispetto alla quota del piano campagna.

Utilizzando la sezione D-D riportata nello studio in precedenza citato, si nota che, a intervalli regolari, abbiamo numerosi livelli sabbiosi che si alternano alla prevalente massa limo-argillosa.

Caratteristica principale di questi sedimenti è infatti la prevalenza di materiali limo-argillosi rispetto a quelli permeabili.

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia (Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia), evidenzia come il territorio si caratterizzi per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose. La natura argilloso-limosa e limosa del primo sottosuolo risulta chiara anche sulla “Carta della litologia di superficie”; più precisamente in Castelnovo di Sotto vi sono “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine (cf. stralcio in scala 1 : 25.000).

L’indagine, appositamente effettuata per accertare la reale natura del primo sottosuolo, ha confermato che, sino alla profondità di 20 m raggiunta dalla prospezione penetrometrica, è presente un sedimento in cui è preponderante la frazione coesiva. Il deposito altresì include livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Più precisamente, alla base della coltre di riporto e del sottostante terreno vegetale, materiale questo ad elevata componente organica e torbosa, sino alla profondità di 5.5 m, sono presenti argille che annettono livelli di limi sabbiosi e sabbie limose.

Alla base di questo primo strato, sino a 7.5 m, vi sono poi in prevalenza sabbie limose e sabbie in scarsa matrice limo argillosa che a loro volta precedono nuovamente argille con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre i 16 m vi sono sempre in prevalenza argille, però con un più elevato grado di consistenza, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi.

Da un punto di vista idrogeologico, questa zona ricade in corrispondenza dell'Unità Idrogeologica della media pianura, unità che verso sud viene a contatto con quella della conoide del T. Enza mentre a settentrione sfuma in quella del F. Po.

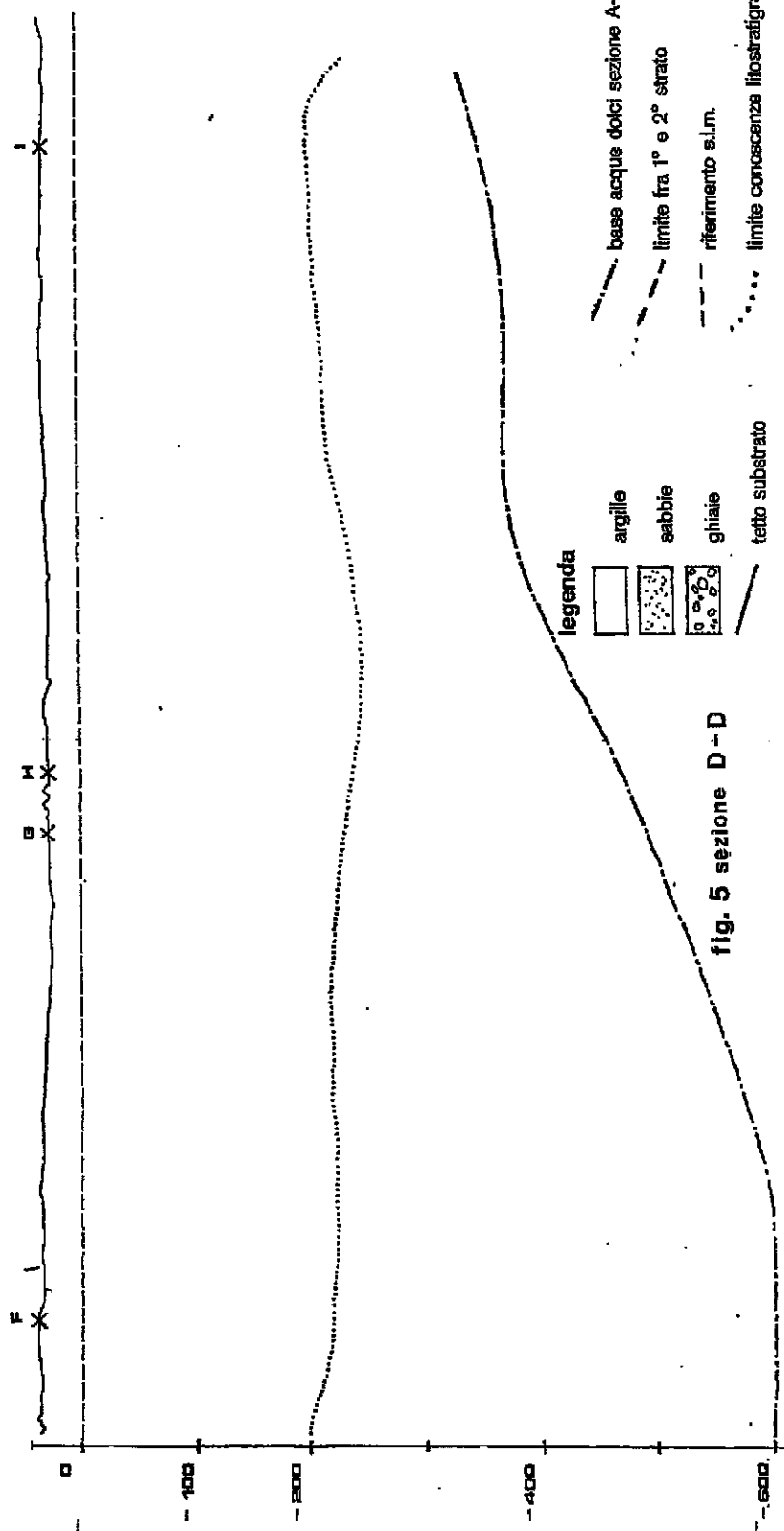
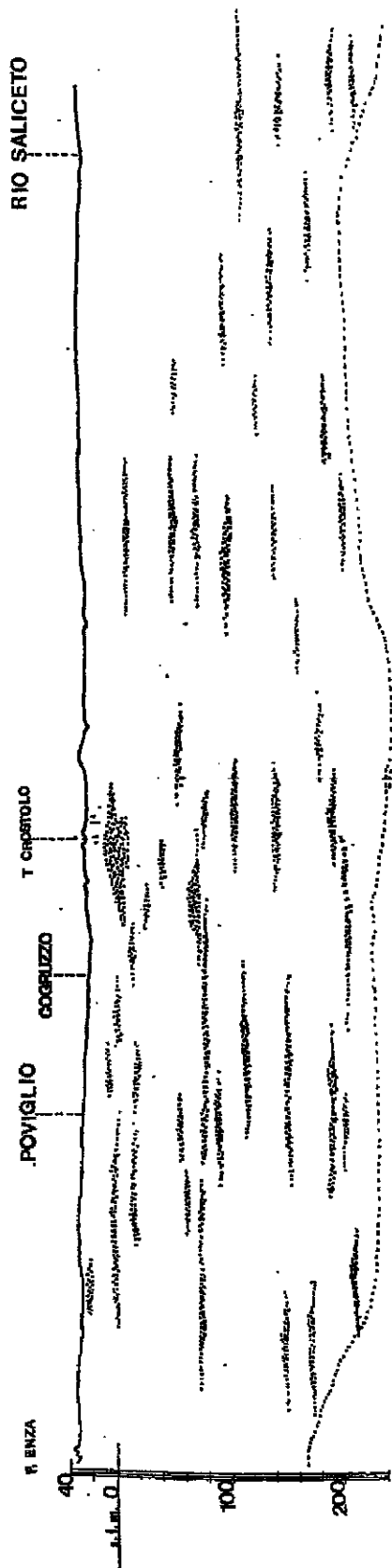
L'Unità Idrogeologica della media pianura è in realtà un insieme di unità idrogeologiche appenniniche, malamente individuabili e suddivisibili, che possono essere però accomunate in un'unica unità dalle caratteristiche abbastanza omogenee. In sintonia con le caratteristiche geologiche in precedenza trattate la sua peculiarità è quella di essere costituita da materiali limo-argillosi rispetto a quelli permeabili; si tratta pertanto di una zona povera di acque sotterranee.

I materiali permeabili, acquiferi, sono rappresentati da sabbie (le ghiaie sono quasi assenti) in lenti sottili e discontinue, soprattutto nel settore ovest della provincia di Reggio Emilia e quindi sostanzialmente anche nel territorio di Castelnovo di Sotto. La provenienza delle falde è ancora appenninica mentre l'infiltrazione diretta, dal suolo, risulta molto limitata. Generalmente a profondità superiori ai 300 m le falde hanno spessore e continuità maggiore, ma cambia sensibilmente il chimismo dell'acqua. La stratigrafia del pozzo dell'ex Ospedale della Beata Vergine della Misericordia, tratta dal sito del catasto pozzi della regione, ci segnala del resto la presenza di un livello permeabile con ghiaia solo tra 60.8 m a 61.2 m, quindi di spessore molto contenuto; spinto oltre i 100 m, il pozzo attinge poi entro un banco di ghiaia e sabbia individuato tra 106 m e 107 m.

Per quanto concerne invece il livello della falda freatica, nel foro di sonda della penetrometria, al termine della prospezione, si è in breve tempo stabilizzato a 3.5 m dal piano cortilivo, quindi meno di 3 m rispetto alla quota, una volta decurtato del riporto, dal naturale piano campagna.

Le verifiche di livello effettuate risultano sostanzialmente conformi con quanto riportato sulla Carta delle Isopieze della falda, prodotta dallo Studio Geologico Centrogeo a supporto della Microzonazione Sismica del Comune di Castelnovo di Sotto, in cui si evidenzia il livello piezometrico a 25.5 m s.l.m., pertanto a circa 2.5 m dal piano campagna.

Verosimilmente le stagioni siccitose di questi ultimi anni hanno comportato un abbassamento dell'acquifero e nel contempo anche un incremento del grado di consolidazione del terreno; ciò non



legenda



argille



sabbie



ghiaie



tetto substrato

base acque dolci sezione A-A B-B

limite fra 1° e 2° strato

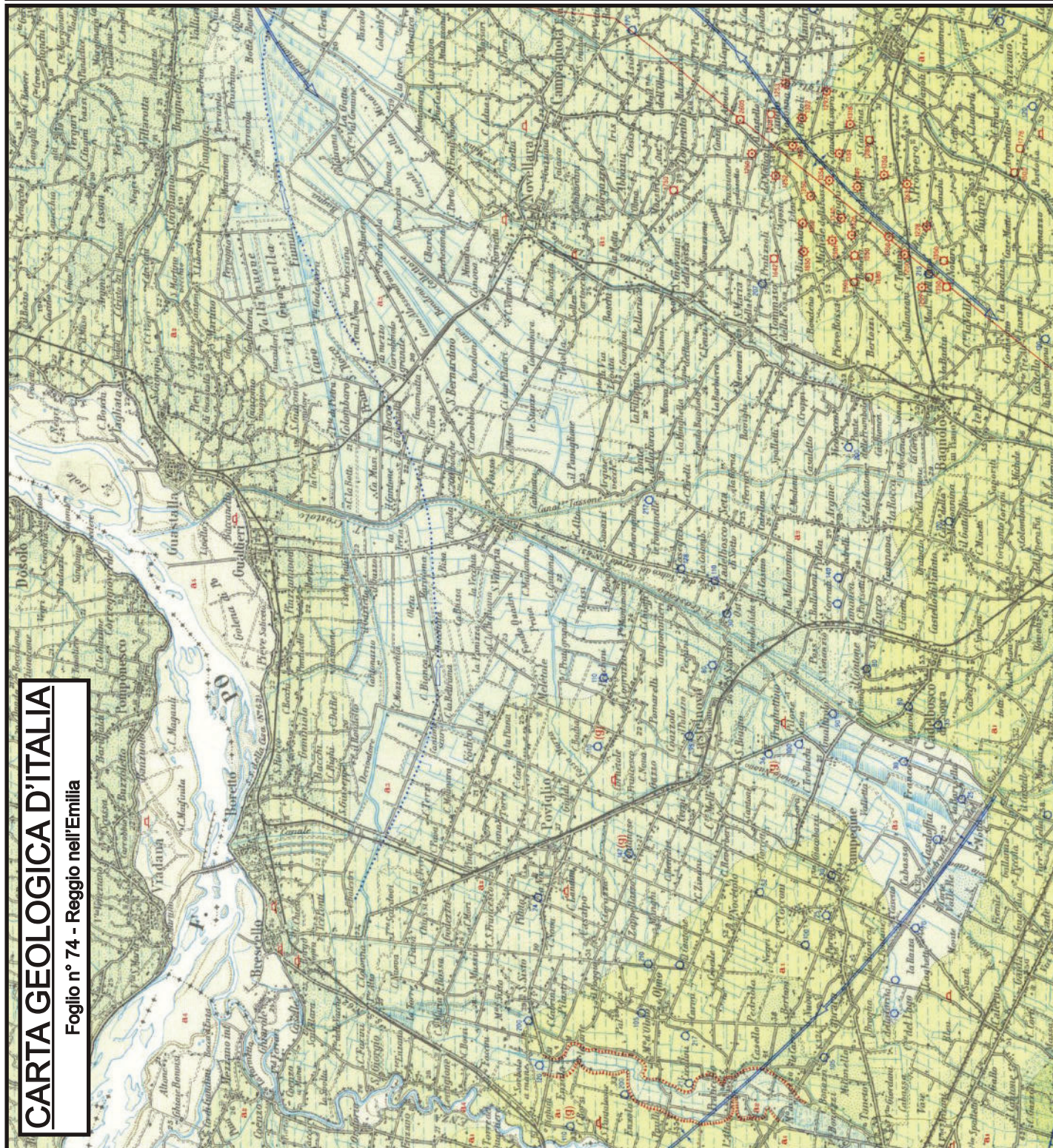
riferimento s.l.m.

limite conoscenza litografiche

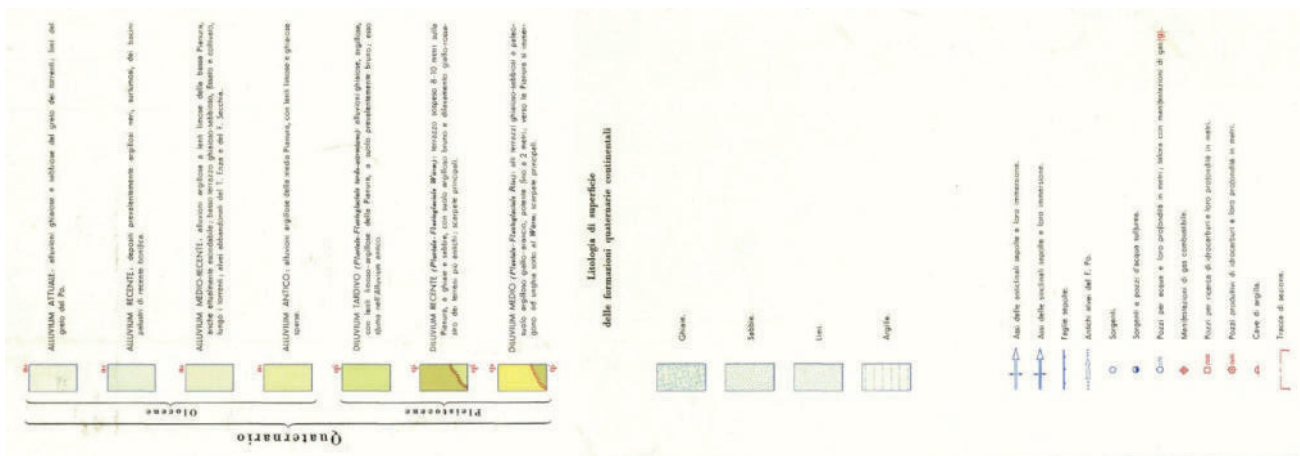
fig. 5 sezione D-D

LEGENDA

Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia



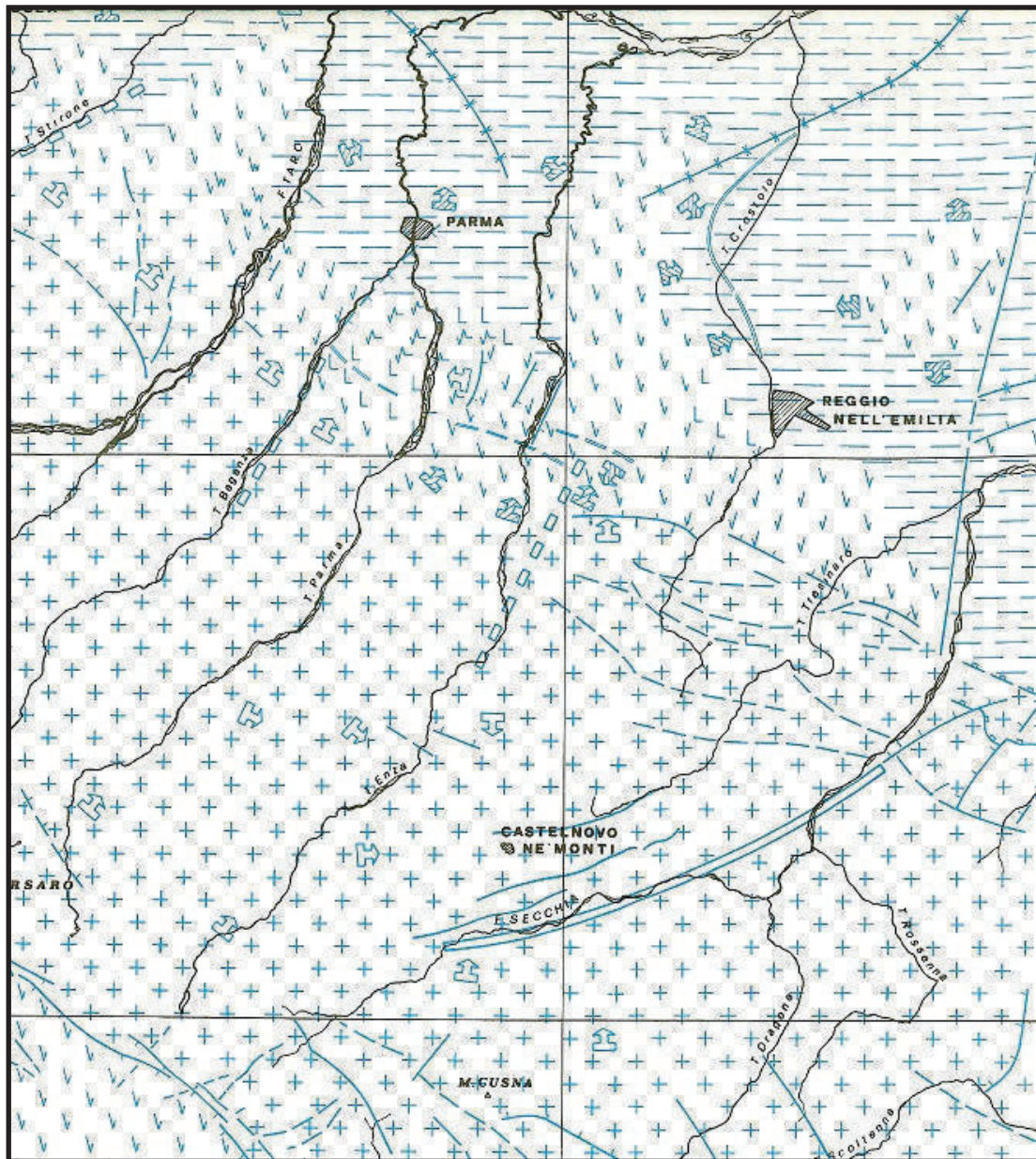
LEGENDA



C. BARTOLINI, M. BERNINI, G.C. CARLONI, D. CASTALDINI, A. COSTANTINI, P.R. FEDERICI, F. FRANCAVILLA,
G.F. GASPERI, A. LAZZAROTTO, G. MARCHETTI, R. MAZZANTI, G. PAPANI, G. PRANZINI, A. RAU, F. SANDRELLI, P.L. VERCESI.

NEOTETTONICA DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

INTERVALLO IV+V



Legenda

A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
1. Zone a tettonica di zona	2. Zone a tettonica di zona	3. Zone a tettonica di zona	4. Zone a tettonica di zona	5. Zone a tettonica di zona	6. Zone a tettonica di zona	7. Zone a tettonica di zona	8. Zone a tettonica di zona	9. Zone a tettonica di zona	10. Zone a tettonica di zona
11. Zone a tettonica di zona	12. Zone a tettonica di zona	13. Zone a tettonica di zona	14. Zone a tettonica di zona	15. Zone a tettonica di zona	16. Zone a tettonica di zona	17. Zone a tettonica di zona	18. Zone a tettonica di zona	19. Zone a tettonica di zona	20. Zone a tettonica di zona
21. Zone a tettonica di zona	22. Zone a tettonica di zona	23. Zone a tettonica di zona	24. Zone a tettonica di zona	25. Zone a tettonica di zona	26. Zone a tettonica di zona	27. Zone a tettonica di zona	28. Zone a tettonica di zona	29. Zone a tettonica di zona	30. Zone a tettonica di zona
31. Zone a tettonica di zona	32. Zone a tettonica di zona	33. Zone a tettonica di zona	34. Zone a tettonica di zona	35. Zone a tettonica di zona	36. Zone a tettonica di zona	37. Zone a tettonica di zona	38. Zone a tettonica di zona	39. Zone a tettonica di zona	40. Zone a tettonica di zona

- A - Citi in rilievo di zona
- B - Linee di zona
- C - Subdivisioni cronologiche
- D - Zone a tettonica di zona
- E - Complessi e sottocomplessi dei basamenti pluripli
- F - Complessi e sottocomplessi dei basamenti tettonici
- G - Complessi e sottocomplessi delle marce
- H - Complessi e sottocomplessi degli scisti
- I - Complessi e sottocomplessi dei basamenti
- L - Fiumi e torrenti

- ++ Zona in sollevamento
- ++ Zona in sollevamento probabile
- Zona in abbassamento
- Zona in abbassamento probabile
- Zona probabilmente stabile
- Movimenti di verso variabile (si legga da sinistra verso destra). Per esempio:
- Stasi, sollevamento, stasi probabile
- Abbassamento, sollevamento (di entità minore)
- Zona in sollevamento connesso con la messa in posto di masse magmatiche
- Zona in sollevamento (a) o abbassamento (b) differenziato. La freccia indica la parte meno sollevata (a) o quella più abbassata (b)
- Zona interessata da traslazioni orizzontali

- Faglia (certa o probabile) a prevalente rigetto verticale (i trattini sono rivolti verso la parte abbassata, le frecce indicano l'immersione del piano di faglia)
- Faglia (certa o probabile) a prevalente rigetto orizzontale
- Faglia con caratteristiche incerte
- Flessura certa o probabile (i rettangoli sono rivolti verso la parte abbassata)
- Fascia trasversale di deformazione o discontinuità certa o probabile
- Asse di sollevamento certo o probabile
- Asse di abbassamento certo o probabile
- Asse di anticlinale certo o probabile
- Asse di sinclinale certo o probabile

CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA SCALA 1:50000

Legenda

Risorse e prospezioni (50K)

— cava attiva

Tracciati geologici (50K)

— traccia di sezione geologica

Linee geomorf./antrop. (50K)

— traccia di alveo fluviale abbandonato
certa

Isolinee di unità del sottosuolo (50K)

— isobata della base del pliocene

Elementi strutturali (50K)

— sovrascorrimento profondo post-
tortoniano dedotto

Limiti di unità geologiche (50K)

— contatto stratigrafico o litologico certo

Aree geomorf./antrop. (50K)

— discarica, deposito di origine antropica

Ambienti deposiz. e litologie (50K)

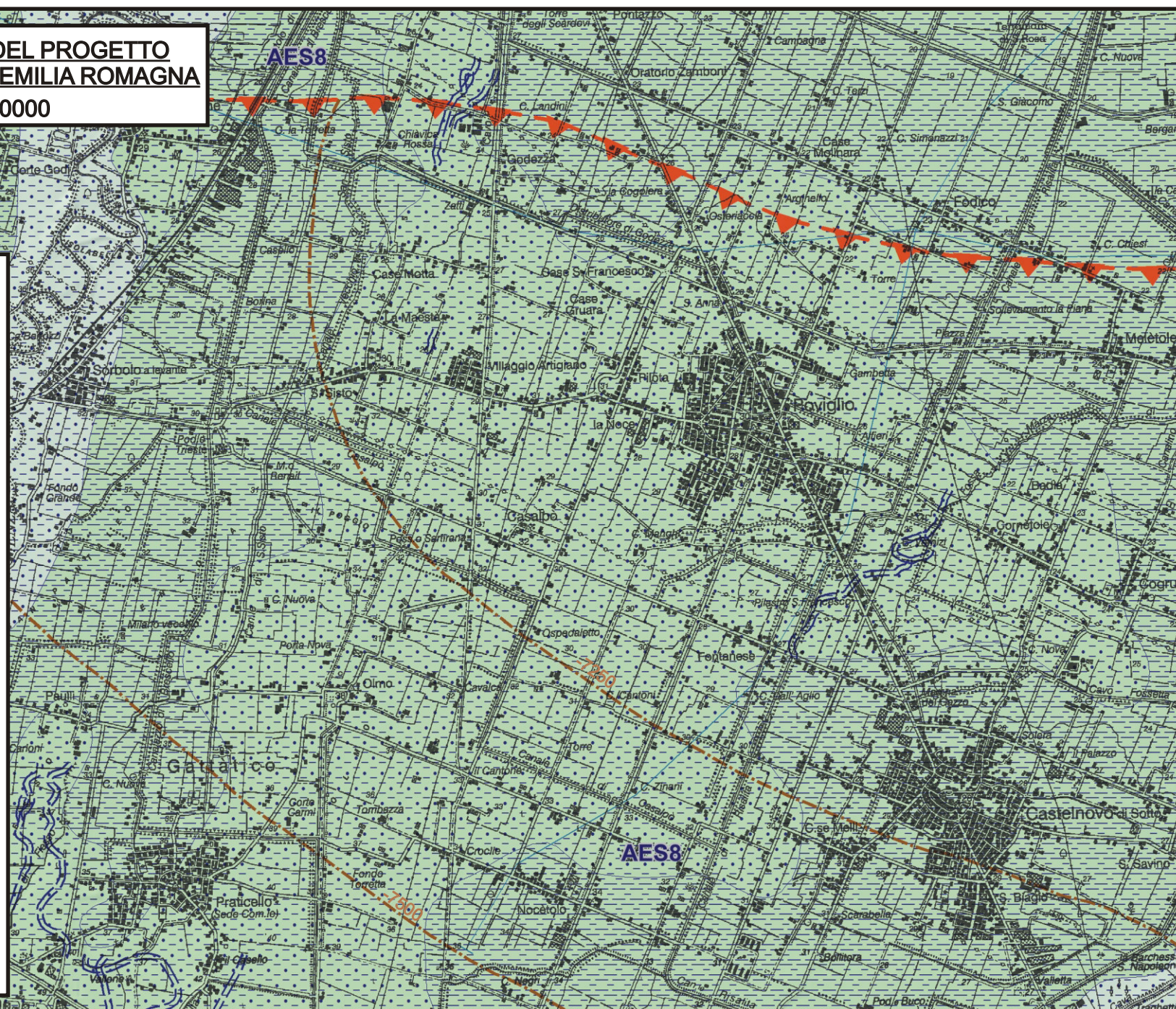
— argilla limosa di piana alluvionale

— limo sabbioso di piana alluvionale

Unità geologiche (50K)

AES8 - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsintema di Ravenna

AES8a - Sintema emiliano-romagnolo
superiore - Subsintema di Ravenna - unità
di Modena



CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

LEGENDA



Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
Olocene



Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. Olocene



Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-Olocene



Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-Olocene



Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti
di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess)
dell' altopiano del Ghiardo. Riss



Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati.
Mindel

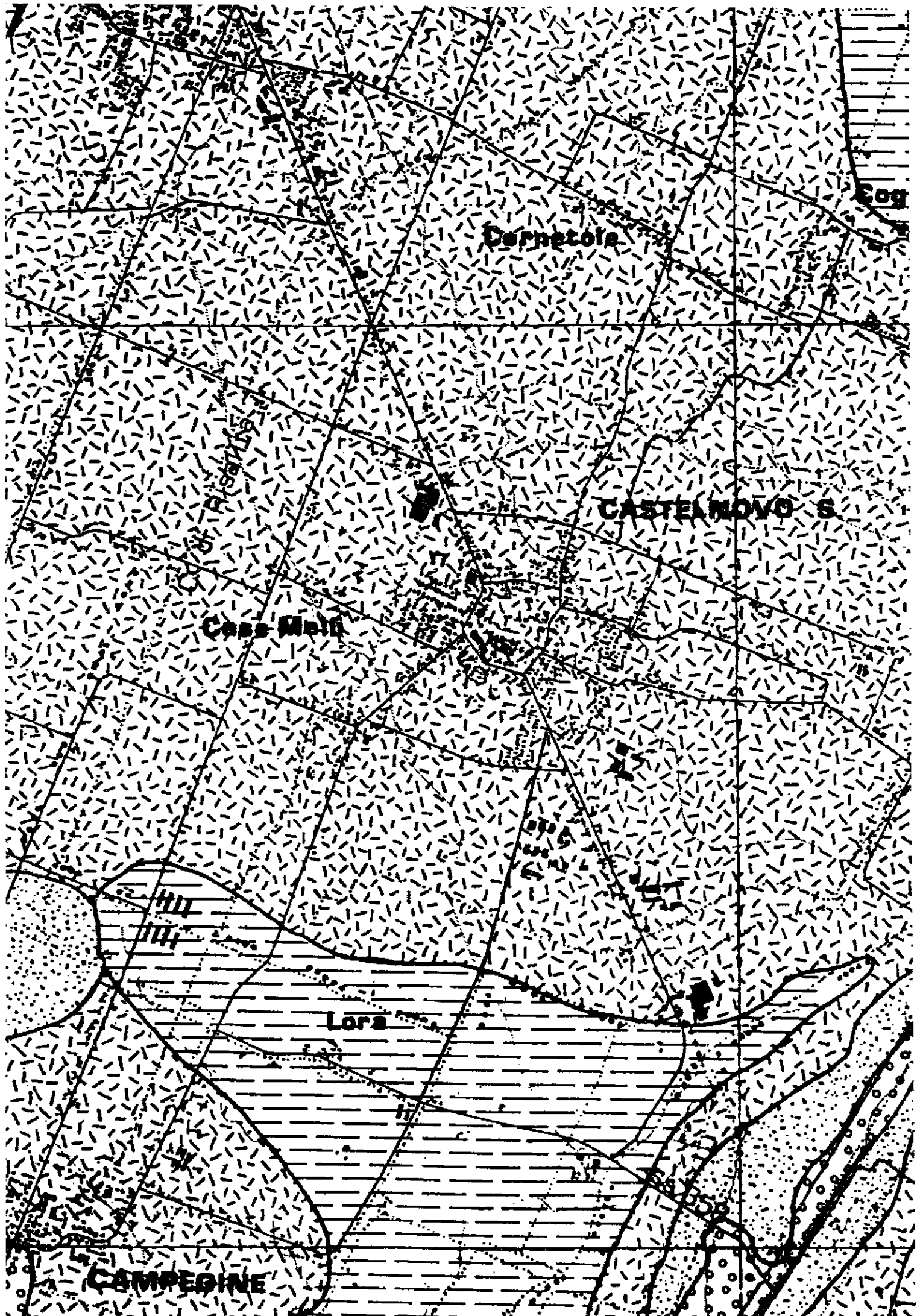
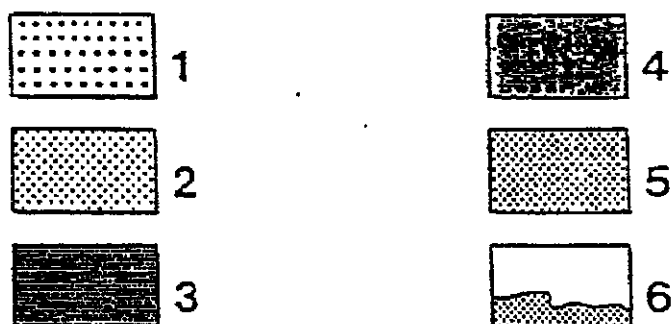
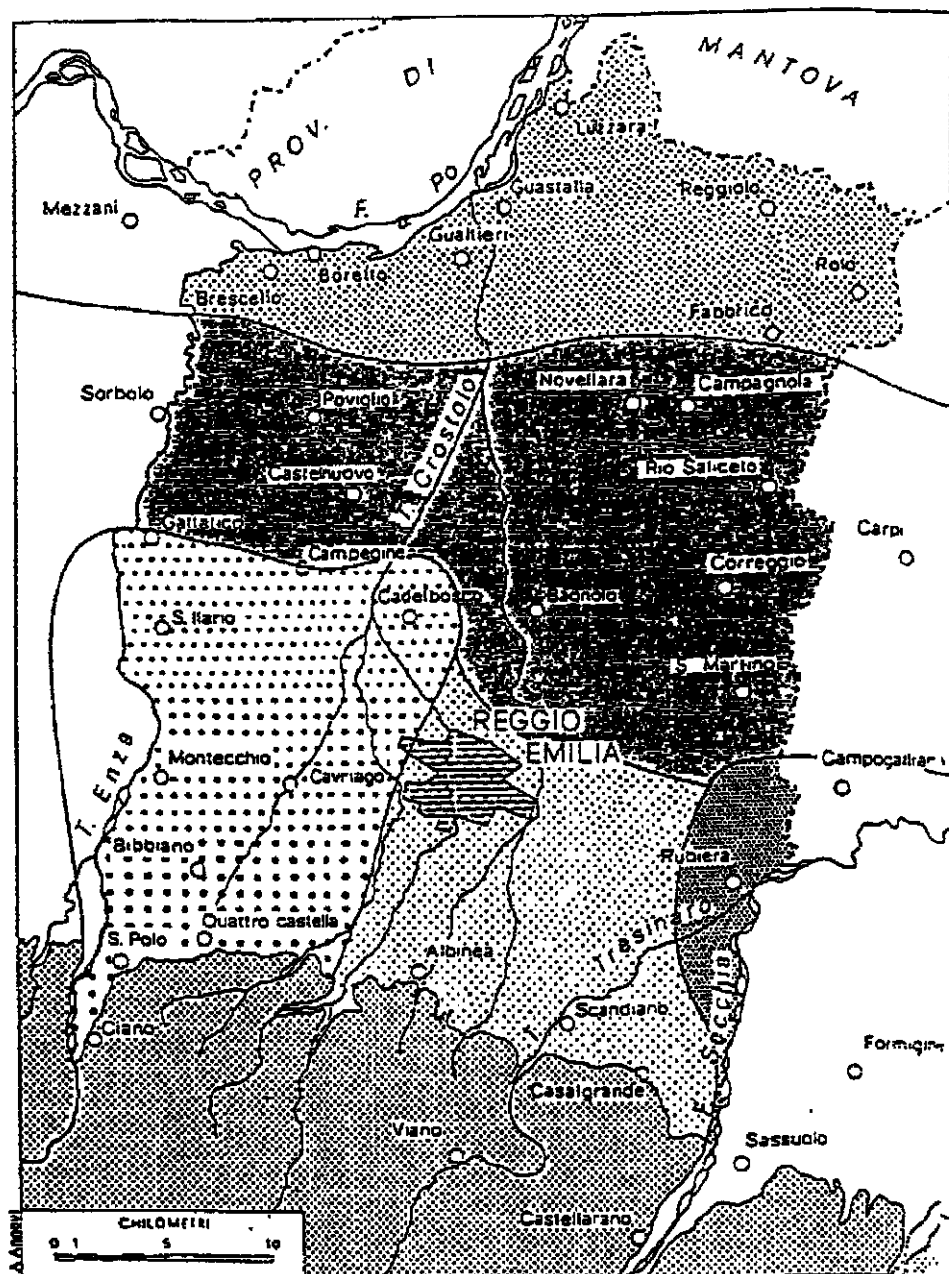


Figura 1) - Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana: 1) Unità idrogeologica del T.Enza; 2) Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori; 3) Unità idrogeologica del F.Secchia; 4) Unità idrogeologica della media pianura; 5) Unità idrogeologica del F.Po; 6) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle isopieze della falda

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Castelnovo di Sotto



Regione Emilia Romagna	Soggetto realizzatore	Amministrazione comunale Sindaco: Francesco Monica
Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDFC 171/2014 DGR ER 1227/2015; Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli	Studio Geologico CENTROGEO Progetto: Gian Pietro Mazzetti Collaboratori: Stefano Gilli Mauro Mazzetti	Responsabile III° settore Ambiente e Territorio: Luciano Mattioli Data Ottobre 2018 Tavola 1.3

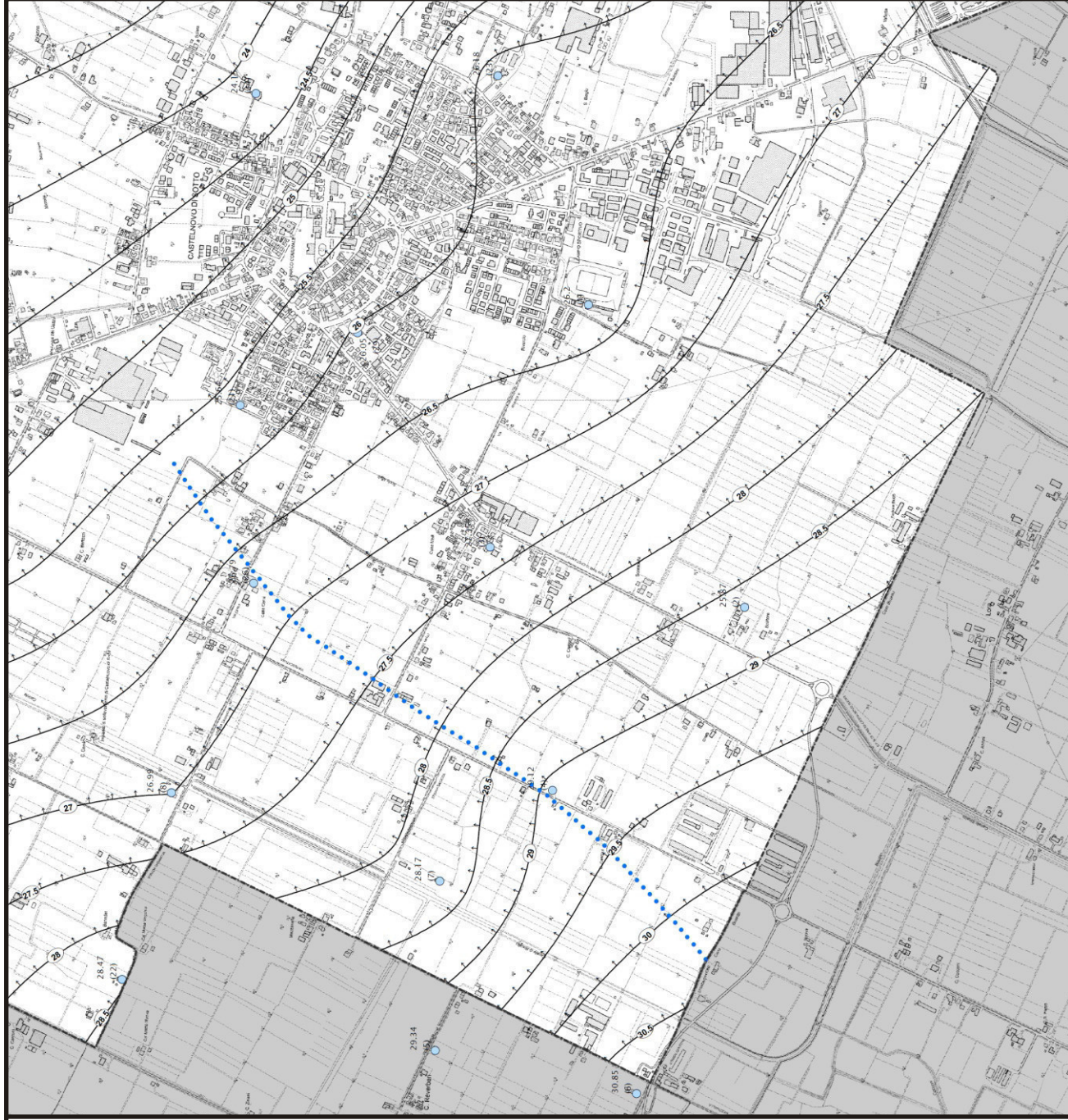
Legenda

Elementi geologici e idrogeologici

- 25,51 (71)
Pneumetria della falda (metri sul livello del mare) e numero d'ordine
- Isopieze della falda (metri sul livello del mare) con direzione del flusso idrico sotterraneo
- Fascia di spartiacque idrico sotterraneo
- Fascia di drenaggio idrico sotterraneo

Altri elementi rappresentati

Limite di Comune



toglie che in concomitanza di periodi più piovosi il livello possa risalire e permeare strati maggiormente vicini alla superficie. In ogni caso, ben difficilmente vi potrà però essere un'interazione con il piano d'appoggio di una fondazione impostata a 1.4 m rispetto alla quota dell'attuale piano cortilivo.

La Carta evidenzia altresì che l'area in esame ricade ad occidente di uno spartiacque idrico sotterraneo che con andamento SO a NE lambisce la periferia dell'abitato di Castelnovo di Sotto.

4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche del terreno sono state determinate interpretando i dati ricavati da un'indagine penetrometrica.

La penetrometria è stata effettuata avvalendosi di un penetrometro statico tipo Gouda da 10 t.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- R_p (Kg/cm^2) = resistenza alla punta (conica)

- R_L (Kg/cm^2) = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alla prova penetrometrica statica CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

L'indagine consente di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici:

Livello A

Strato che dal piano cortilivo, annettendo la coltre di riporto di spessore 0.8-1 m ed il sottostante terreno vegetale ad elevata componente organica e torbosa, si approfondisce sino a 5.5 m in argille con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.55 \text{ kg/cm}^2 = 53.93 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 55 \text{ kg/cm}^2 = 5393 \text{ kPa}$$

$$E = 45 \text{ kg/cm}^2 = 4413 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 5.5 m sino a 7.5 m vi sono sabbie limose e sabbie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 25 [^\circ]$$

$$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello C

Da 7.5 m sino a 16 m vi sono argille con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 58.83 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello D

Oltre 16 m vi sono argille molto consistenti a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.8 \text{ kg/cm}^2 = 78.45 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kN/m}^2$$

$$E' = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kN/m}^2$$

dove:

γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo;

C_u = coesione non drenata; c' = coesione efficace;

ϕ' = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico; E = modulo elastico.

6. RISCHIO IDRAULICO

Ponendosi l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, la Regione Emilia-Romagna ha predisposto un "Piano di gestione del rischio di alluvioni". Redatto in conformità con quanto previsto lo studio ha privilegiato un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate:

- fase 1: una valutazione preliminare del rischio di alluvioni (entro il 22 settembre 2011);
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 dicembre 2013);
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 dicembre 2015).

Secondo le direttive del Piano, adottato il 17 dicembre 2015 ed approvato il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, tutto il territorio della Regione Emilia-Romagna è stato interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, il distretto dell'Appennino Settentrionale e quello dell'Appennino Centrale.

Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura" (cf. stralci in allegato).

Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 182SE – Castelnovo di Sotto che, nel caso del "reticolo secondario di pianura", nel territorio su cui sorge l'abitato individua elementi di pericolosità e di rischio.

Per quanto concerne la Mappa di Pericolosità ricadiamo in Zona P2-M con "alluvioni poco frequenti e tempo di ritorno di 100-200 anni" in cui risultano essere qui interessati gli areali

urbanizzati. Occorre tenere presente che siamo in presenza di una struttura di valenza strategica, sede di attività collettive. Anche la Mappa di Rischio individua scenari configurabili in un rischio medio (R2), nella fattispecie, sempre in relazione all'indirizzo della struttura, di tipo puntuale.

Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Si fa pertanto qui presente che quanto in progetto, in sede di rilascio del titolo edilizio, dovrà fornire i possibili accorgimenti necessari per mitigare il rischio e garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità.

In tal senso, si ritiene opportuno qui di seguito riportare quanto puntualizzato in normativa e che dovrà essere verificato dall'Amministrazione Comunale competente:

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. è da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;*
- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;*
- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;*
- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;*
- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);*

- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

Tutto ciò premesso, vista la morfologia dei luoghi, in relazione alle accertate caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed all'idrogeologia del territorio, si può sintetizzare quanto segue:

1 - l'area in esame e quindi anche il centro storico non ricade in un contesto di alluvioni frequenti (P3-H), di alta pericolosità, similari agli areali individuati in carta a sud e a settentrione dell'abitato, potenzialmente allagabili in quanto lì presenti vie d'acqua preferenziali, a sud ad esempio il Canale di Castelnovo, il Cavo Cava ed il Cavo Busetto mentre a N/NE il Cavo Fossetta Montana;

2 - visto l'utilizzo del manufatto, in relazione alle prescrizioni del punto a.2, si dovrà naturalmente garantire sicurezza d'accesso alle rampe;

3 - come in precedenza sottolineato, nel corso dell'indagine è stata accertata presenza d'acqua ad una profondità ben superiore ai 3 m; vista la natura del primo sottosuolo, nell'ipotesi di esondazione, si possono escludere sovrappressioni alla base della struttura fondale per ricarica dell'aquifero freatico che ha sede nei livelli granulari dalla prova individuati oltre i 2 metri.

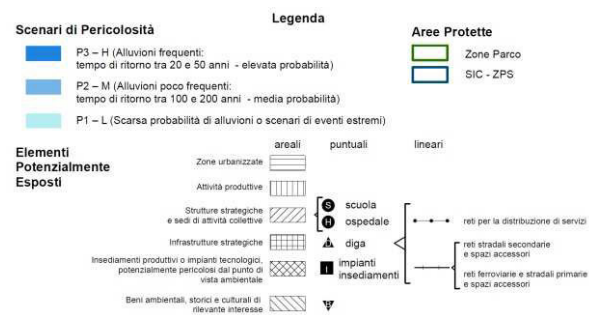
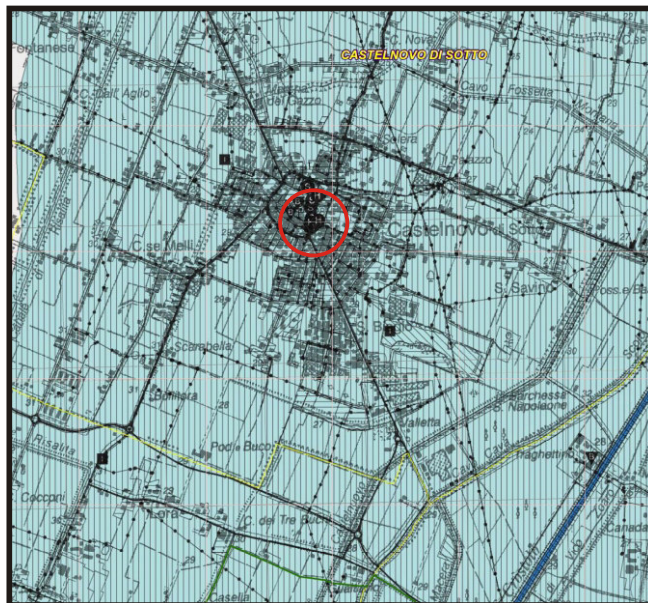
Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mapa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario

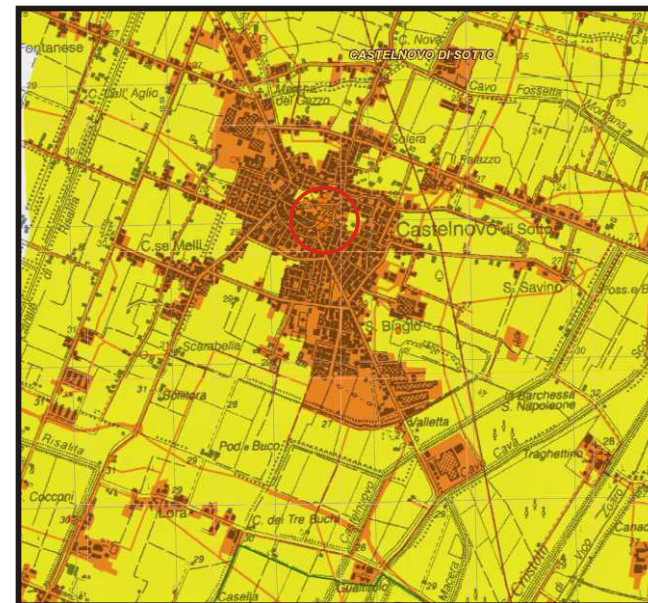
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

182SE - CASTELNOVO DI SOTTO

MAPPA PERICOLOSITÀ



MAPPA RISCHIO



Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura

Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

182SE - CASTELNOVO DI SOTTO

MAPPA PERICOLOSITÀ



Scenari di Pericolosità

- P3 - H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 - M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

- | | areali | puntuali | lineari |
|--|--------|----------|---------|
| Zone urbanizzate | | | |
| Attività produttive | | | |
| Strutture strategiche e sedi di attività collettive | | | |
| Infrastrutture strategiche | | | |
| Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale | | | |
| Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse | | | |

MAPPA RISCHIO



Legenda

Aree Protette

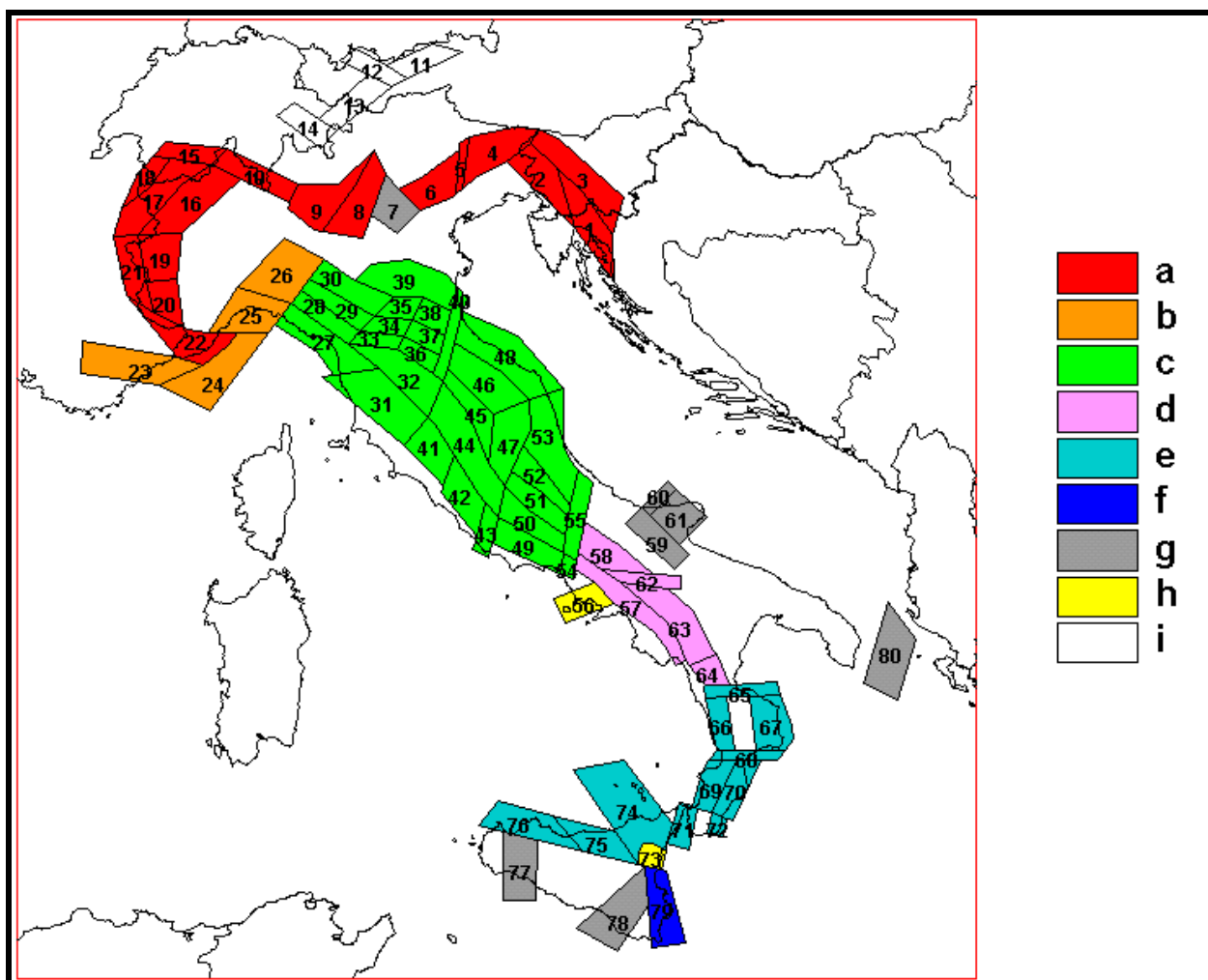
- Zone Parco
- SIC - ZPS

Classi di Rischio

- | | puntuali | lineari | areali |
|--------------------------------------|----------|---------|--------|
| R1 (rischio moderato o nullo) | | | |
| R2 (rischio medio) | | | |
| R3 (rischio elevato) | | | |
| R4 (rischio molto elevato) | | | |

7. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti). Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, al passaggio, verso settentrione, con la n° 39, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

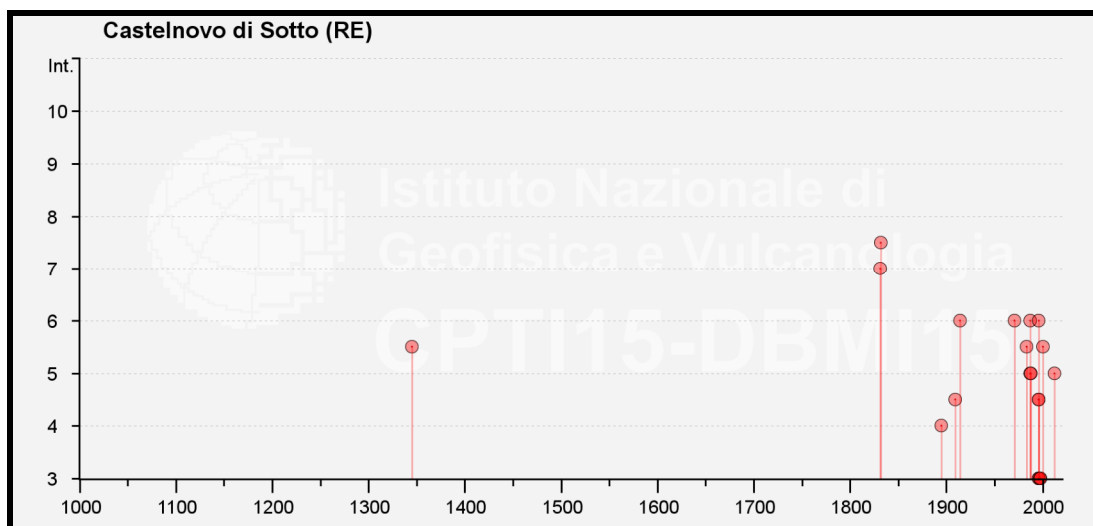
L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in Reggio Emilia, in epoca storica, il valore del VII/VIII grado MCS. (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Castelnovo di Sotto (RE) [44.810, 10.564]

Numero di eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
5-6	1345 01 31	Pianura emiliana	5-6	4.40	
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	7-8	5.48	
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5.51	
4	1895 05 12 20 29	Reggiano	4-5	3.98	
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	6-7	5.36	
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5.63	
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	8	5.51	
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	6-7	5.04	
NF	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	6	4.43	
5	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	6	4.64	
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	6	4.71	
5	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	6	4.57	
NF	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	7	4.82	
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	7	5.38	
3	1996 10 26 04 56 5	Pianura emiliana	5-6	3.94	
4-5	1996 10 26 06 50 2	Pianura emiliana	5-6	3.63	
4-5	1996 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	5-6	4.29	
3	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	5-6	4.06	
3	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	4-5	3.68	
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	5	3.93	
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	5-6	4.40	
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	4	4.23	
5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	5-6	4.98	

Intendendo: Int = Intensità al sito (MCS); Io = Intensità epicentrale (MCS); Mw = Magnitudo



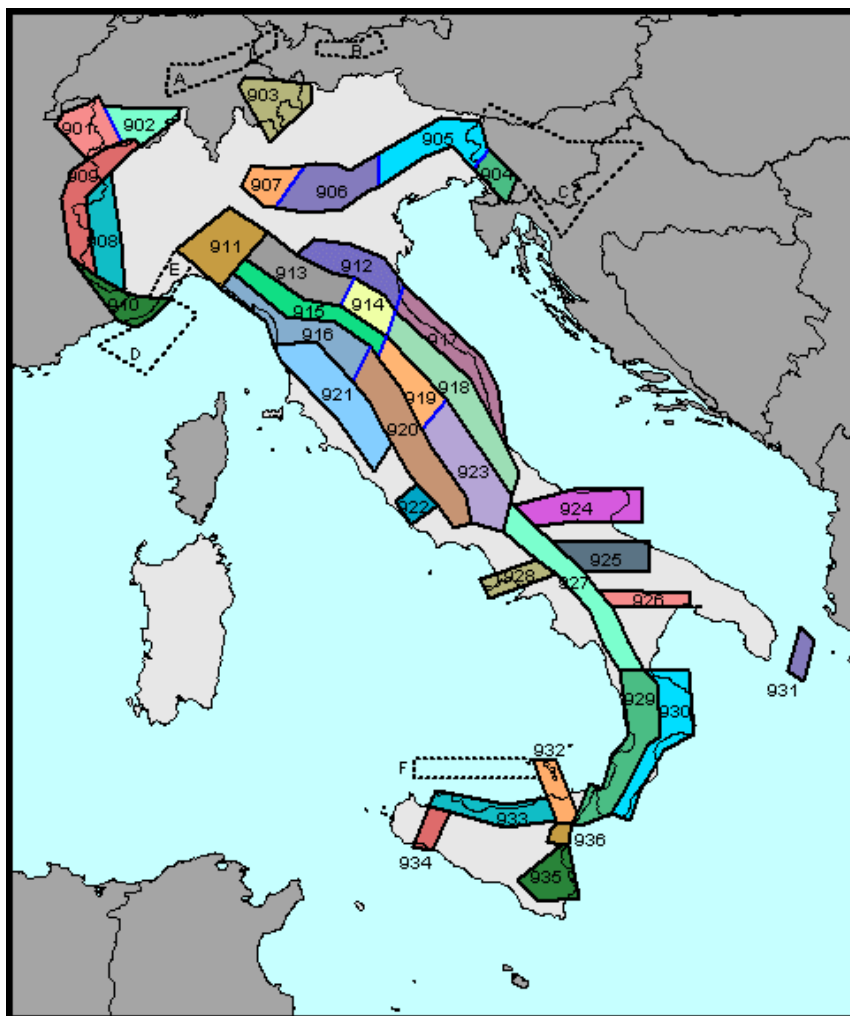
eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Castelnovo di Sotto, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Castelnovo di Sotto, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.117.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico. La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sette strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per i primi sei strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori di:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 157 \text{ m/sec}$	$V_S = 192 \text{ m/sec}$	$V_S = 197 \text{ m/sec}$
$d = 1.6 \text{ m}$	$d = 4.4 \text{ m}$	$d = 0.8 \text{ m}$

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 186 \text{ m/sec}$	$V_S = 267 \text{ m/sec}$	$V_S = 274 \text{ m/sec}$
$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 10.9 \text{ m}$	$d = 10.3 \text{ m}$

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{s30} = 238 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

8. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

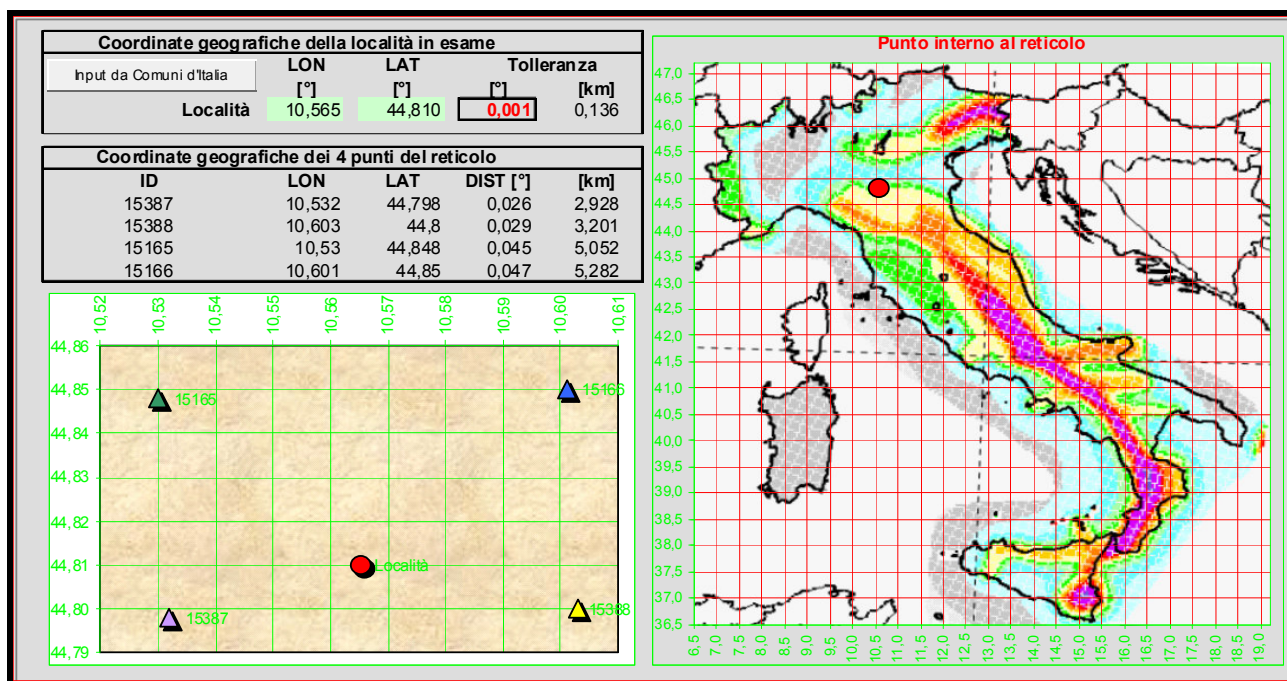
L'azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno T_R di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati. I valori dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per la definizione dell'Azione Sismica possono essere calcolati mediante l'utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

VITA DELLA STRUTTURA		
Vita nominale	V_N	50 [anni]
Classe d'uso	C_U	III
Vita di riferimento	V_R	75 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO		
Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1,0
Categoria suolo		C

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	45	0,482	2,53	0,26	1,50	0,14	0,42	1,79	0,75
sle	Danno	63%	75	0,583	2,55	0,27	1,50	0,15	0,44	1,83	0,83
slu	Salv. Vita	10%	712	1,376	2,48	0,31	1,50	0,16	0,48	2,15	1,24
slu	Collasso	5%	1462	1,781	2,47	0,32	1,44	0,16	0,49	2,31	1,41

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al $TR = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

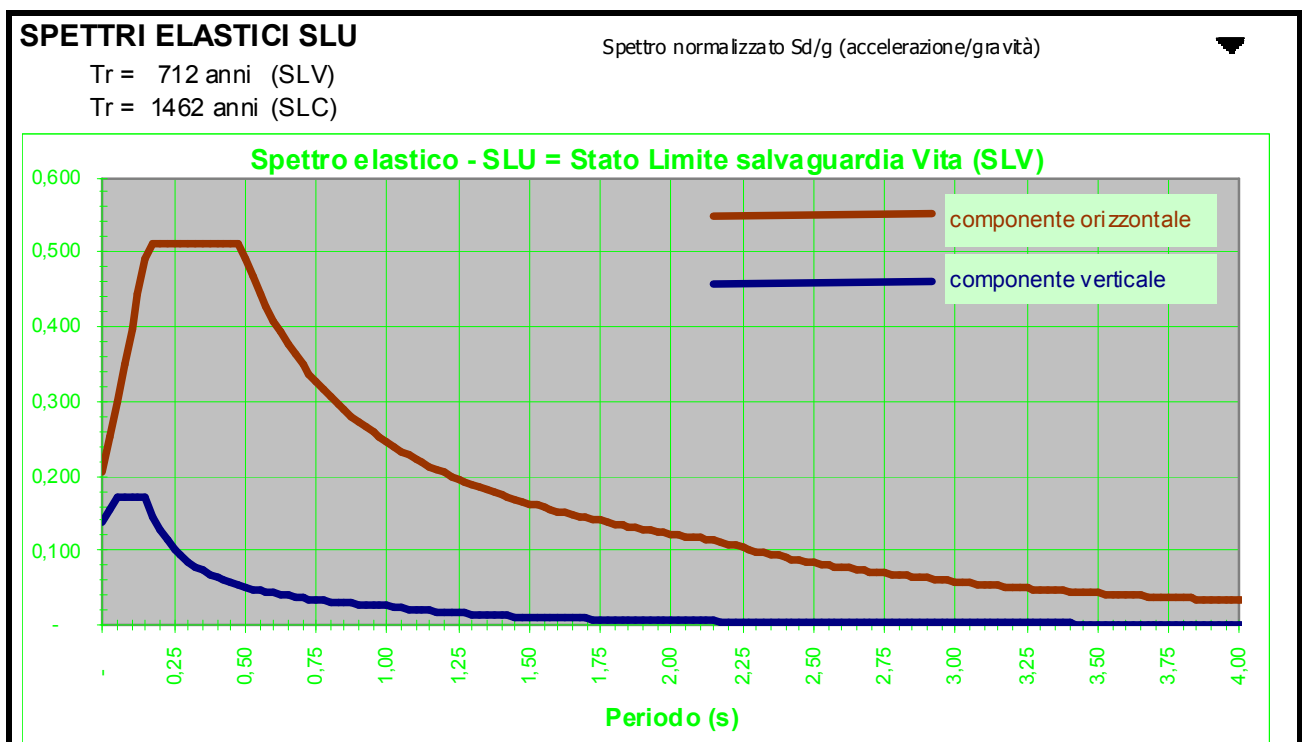
$$a_g = a_g/g = 1.376 / 9.81 = 0.140$$

$$F_o = 2.48$$

$$T_c^* = 0.31$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso III

Stato limite SLV e TR = 712 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

$S_s = 1.50$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.140 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.50 \cdot 1.0 \cdot 0.140 = 0.210 \cdot g.$$

9. MICROZONAZIONE SISMICA

L'aggiornamento con il DGR 630/2019 del DGR 2193/2015, che integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornisce i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica), in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento. La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;
- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;

- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Avendo attribuito la classe d'uso III alle strutture in progetto, si è deciso di proporre una microzonazione sismica con analisi approfondita di III° livello.

L'analisi approfondita di terzo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all'interno della copertura (V_{sH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità.

10. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO

Come in precedenza sottolineato, viene qui di seguito proposta un'analisi sismica di III° livello, in grado di definire i Fattori di Amplificazione di P.G.A.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) è stata effettuata utilizzando il software "RSL III" della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale "SHAKE".

L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III permette di valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate.

La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake, si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti della penetrometria e dello stendimento sismico a rifrazione MASW.

La prova MASW consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nei primi 30 metri pari a 238 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL si sono quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di 120 m dal piano stradale attuale attribuendo una velocità di 600 m/s.

Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motiondatabase" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

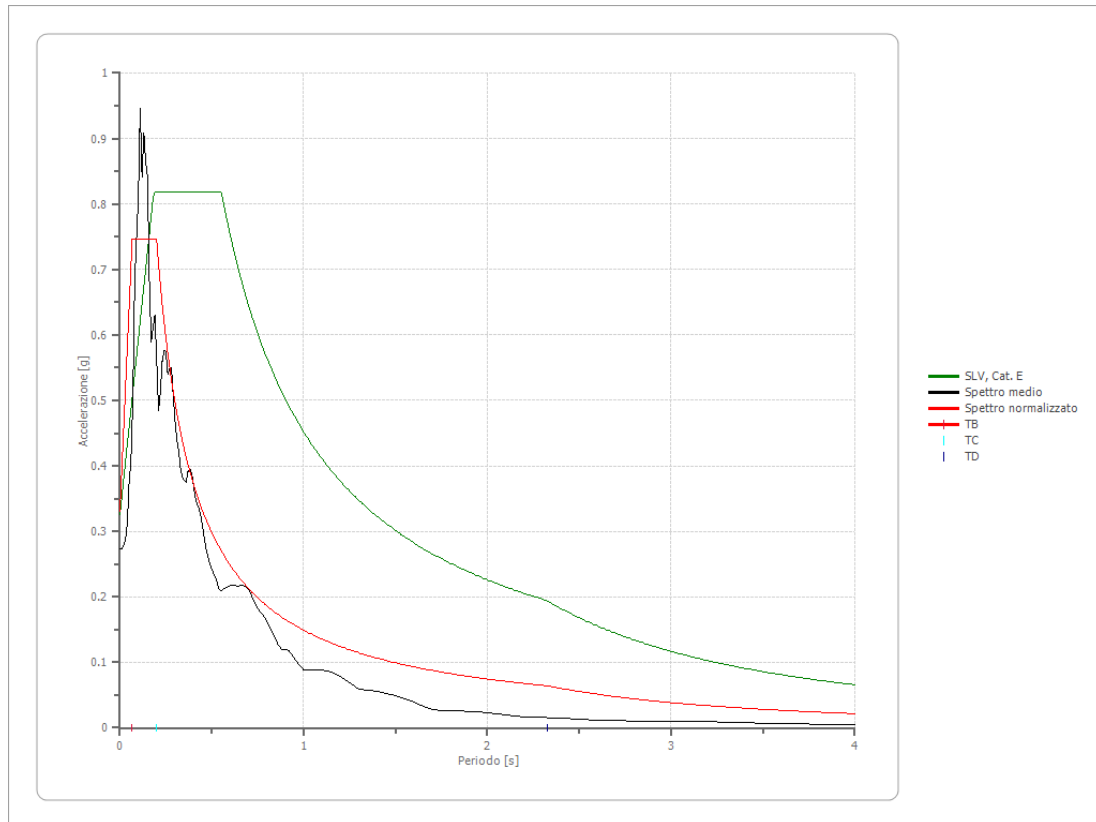
- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA0 ossia come rapporto dell' $a_{g_{max}}$ al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Castelnovo di Sotto si riporta un' $a_{g_{max}}$ al suolo rigido pari a 0,138 g per classe d'uso III con vita nominale 50 anni.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.567 e un fattore di amplificazione spettrale massima Fo di 2.81, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.176 g.

Visionando i valori di amplificazione, suddetto valore di accelerazione risulta essere inferiore a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata; a favore della sicurezza, visto il grafico di confronto degli spettri, si dovrà pertanto adottare quello derivante dalle NTC 2018.



confronto spettro di progetto e spettro da normativa

11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato l'esistenza di livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie che si alternano ad argille talora con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'indagine ha riscontrato che, sino alla profondità di 20 m raggiunta dalla prospezione penetrometrica, è presente un sedimento in cui è preponderante la frazione coesiva. Il deposito altresì include livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Più precisamente, alla base della coltre di riporto e del sottostante terreno vegetale, materiale questo ad elevata componente organica e torbosa, sino alla profondità di 5.5 m, sono presenti argille che annettono livelli di limi sabbiosi e sabbie limose. Alla base di questo primo strato, sino a 7.5 m, vi sono poi in prevalenza sabbie limose e sabbie in scarsa matrice limo argillosa che a loro volta precedono nuovamente argille con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre i 16 m vi sono sempre in prevalenza argille, però con un più elevato grado di consistenza, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi.

La falda freatica, nel foro di sonda della penetrometria, si è in breve tempo stabilizzata a 3.5 m dal piano cortilivo, quindi meno di 3 m rispetto alla quota del naturale piano campagna.

Verosimilmente le stagioni siccitose di questi ultimi anni hanno comportato un abbassamento dell'acquifero e nel contempo anche un incremento del grado di consolidazione del terreno; ciò non toglie che in concomitanza di periodi più piovosi il livello possa risalire e permeare strati maggiormente vicini alla superficie. In ogni caso, ben difficilmente vi potrà però essere un'interazione con il piano d'appoggio di una fondazione impostata a 1.4 m rispetto alla quota dell'attuale piano cortilivo.

L'indagine geofisica tipo MASW, ha quantificato la velocità di propagazione delle onde sismiche, nei primi trenta metri (V_{s30}), in 238 m/sec; il suolo di fondazione, in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, può essere quindi assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.376 / 9.81 = 0.140$; $F_o = 2.48$; $T_c^* = 0.31$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.50 \cdot 1.0 \cdot 0.140 = 0.210 \cdot g$.

Avendo attribuito la classe d'uso III alle strutture in progetto, si è ritenuto necessario procedere ad una microzonazione sismica con analisi approfondita di III° livello.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione F_A è pari a 1.567 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_o di 2.81, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.176 g.

Visionando i valori di amplificazione, suddetto valore di accelerazione risulta essere inferiore a quello calcolato con una risposta sismica semplificata; a favore della sicurezza, visto il grafico di confronto degli spettri, si dovrà pertanto adottare quello derivante dalle NTC 2018.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 630/2019 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo l'indagine penetrometrica accertato l'esistenza di livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie che si alternano ad argille talora con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con l'indagine si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ), della coesione non drenata

(Cu), della coesione efficace (c'), del modulo edometrico (M_o) e del modulo elastico (E) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Suddetti valori potranno poi essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

In relazione alle mappe predisposte, per tutto il territorio regionale, dalla Regione Emilia-Romagna, nel “Piano di gestione del rischio di alluvioni” (D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016), l’area in esame così ricade: per quanto concerne la Mappa di Pericolosità, in Zona P2-M con “alluvioni poco frequenti e tempo di ritorno di 100-200 anni” mentre, in relazione alla Mappa di Rischio, in scenari configurabili in un rischio medio (R2).

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”) che prescrivono un’attenta verifica dell’idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l’idoneità del terreno all’attuazione dell’intervento edilizio in progetto e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, dicembre 2020



ALLEGATI



A) UBICAZIONE INDAGINI

B) PROVA PENETROMETRICA STATICA (effettuata con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t)

C) SISMICA A RIFRAZIONE PER LA DETERMINAZIONE DEL V_{s30} (realizzata applicando il metodo MASW con sismografo PASI 16SG24)

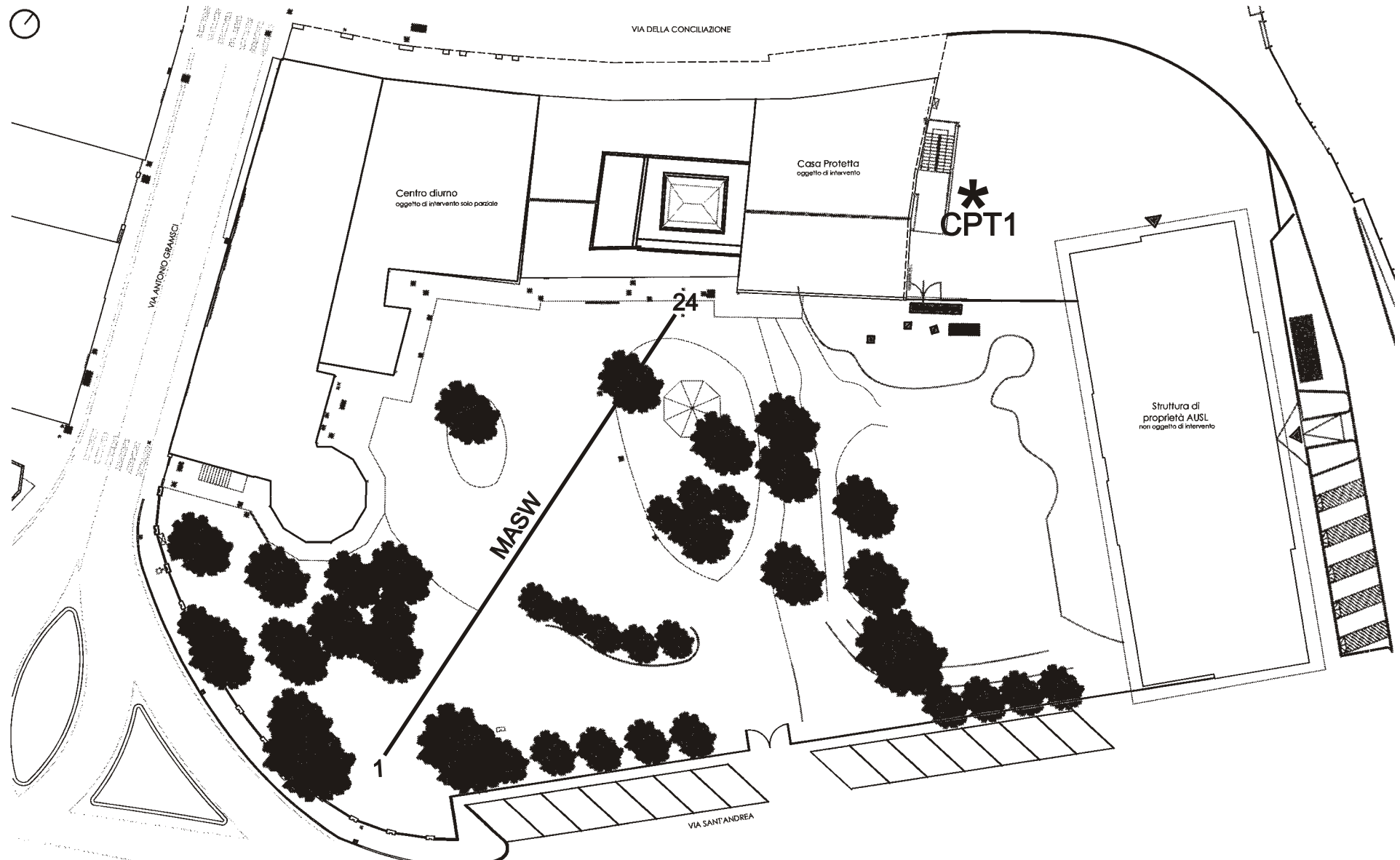
D) VERIFICA A LIQUEFAZIONE (svolta con il programma Liquiter della Geostru)

E) RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO (svolta con il programma RLS III della Ditta Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:500

* Penetrometria statica — Sismica a rifrazione tipo MASW per la determinazione del Vs30



PROVA PENETROMETRICA STATICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec})$
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l'infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

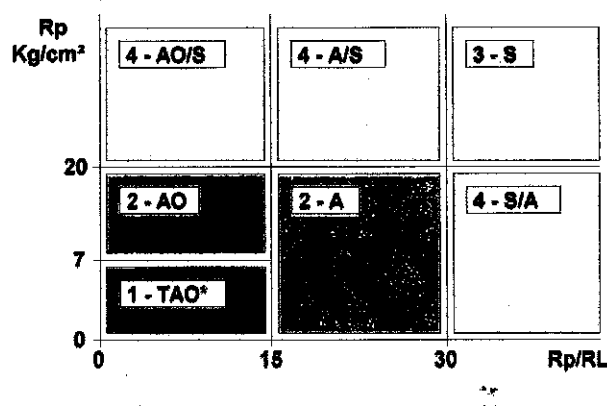
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 - ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 - ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 - ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente :	Unione Terra di Mezzo	- data :	25/05/2017
- lavoro :	Realizzazione scala di emergenza	- quota inizio :	Piano Campagna
- località :	Via della Conciliazione - Castelnovo di Sotto (RE)	- prof. falda :	3,50 m da quota inizio
- note :	Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m dal p.c.	- pagina :	1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	10,20	15,5	24,5	31,0	1,27	24,0
0,40	----	----	--	-----	----	10,40	14,5	24,0	29,0	1,47	20,0
0,60	----	----	--	-----	----	10,60	11,0	22,0	22,0	1,27	17,0
0,80	----	----	--	-----	----	10,80	9,0	18,5	18,0	1,07	17,0
1,00	8,0	----	16,0	0,07	240,0	11,00	11,5	19,5	23,0	1,33	17,0
1,20	11,0	11,5	22,0	0,93	24,0	11,20	14,0	24,0	28,0	1,53	18,0
1,40	11,0	18,0	22,0	1,40	16,0	11,40	10,0	21,5	20,0	1,07	19,0
1,60	6,0	16,5	12,0	1,07	11,0	11,60	9,0	17,0	18,0	0,80	22,0
1,80	9,0	17,0	18,0	1,13	16,0	11,80	7,0	13,0	14,0	0,93	15,0
2,00	9,5	18,0	19,0	1,40	14,0	12,00	4,5	11,5	9,0	0,13	67,0
2,20	10,0	20,5	20,0	1,60	12,0	12,20	13,0	14,0	26,0	0,67	39,0
2,40	10,0	22,0	20,0	1,20	17,0	12,40	6,5	11,5	13,0	0,80	16,0
2,60	13,5	22,5	27,0	1,13	24,0	12,60	6,0	12,0	12,0	0,73	16,0
2,80	12,0	20,5	24,0	1,00	24,0	12,80	7,0	12,5	14,0	0,87	16,0
3,00	8,5	16,0	17,0	1,00	17,0	13,00	10,5	17,0	21,0	1,33	16,0
3,20	11,0	18,5	22,0	0,87	25,0	13,20	16,0	26,0	32,0	1,27	25,0
3,40	10,0	16,5	20,0	0,80	25,0	13,40	12,5	22,0	25,0	1,53	16,0
3,60	10,0	16,0	20,0	0,87	23,0	13,60	6,0	17,5	12,0	1,07	11,0
3,80	6,5	13,0	13,0	0,40	32,0	13,80	6,0	14,0	12,0	0,80	15,0
4,00	7,0	10,0	14,0	0,87	16,0	14,00	9,5	15,5	19,0	0,93	20,0
4,20	8,5	15,0	17,0	0,80	21,0	14,20	9,0	16,0	18,0	1,00	18,0
4,40	9,5	15,5	19,0	1,07	18,0	14,40	7,5	15,0	15,0	0,73	20,0
4,60	6,0	14,0	12,0	0,60	20,0	14,60	7,5	13,0	15,0	0,60	25,0
4,80	7,0	11,5	14,0	0,73	19,0	14,80	5,5	10,0	11,0	0,67	16,0
5,00	9,5	15,0	19,0	1,20	16,0	15,00	9,0	14,0	18,0	1,00	18,0
5,20	10,0	19,0	20,0	0,87	23,0	15,20	10,0	17,5	20,0	1,20	17,0
5,40	11,0	17,5	22,0	1,07	21,0	15,40	9,0	18,0	18,0	1,33	13,0
5,60	8,0	16,0	16,0	0,87	18,0	15,60	10,0	20,0	20,0	1,07	19,0
5,80	5,5	12,0	11,0	0,40	27,0	15,80	24,0	32,0	48,0	1,60	30,0
6,00	8,0	11,0	16,0	0,40	40,0	16,00	8,0	20,0	16,0	0,93	17,0
6,20	14,5	17,5	29,0	0,67	43,0	16,20	13,0	20,0	26,0	1,07	24,0
6,40	11,5	16,5	23,0	0,67	34,0	16,40	8,5	16,5	17,0	0,87	20,0
6,60	24,5	29,5	49,0	0,13	367,0	16,60	12,0	18,5	24,0	0,93	26,0
6,80	18,0	19,0	36,0	0,87	42,0	16,80	11,5	18,5	23,0	1,13	20,0
7,00	9,5	16,0	19,0	0,33	57,0	17,00	8,5	17,0	17,0	0,53	32,0
7,20	12,0	14,5	24,0	0,80	30,0	17,20	16,0	20,0	32,0	1,20	27,0
7,40	5,5	11,5	11,0	0,60	18,0	17,40	9,5	18,5	19,0	1,13	17,0
7,60	4,5	9,0	9,0	0,73	12,0	17,60	9,5	18,0	19,0	0,93	20,0
7,80	5,5	11,0	11,0	0,33	33,0	17,80	12,0	19,0	24,0	1,53	16,0
8,00	5,5	8,0	11,0	0,53	21,0	18,00	13,0	24,5	26,0	1,93	13,0
8,20	8,5	12,5	17,0	0,60	28,0	18,20	14,5	29,0	29,0	1,80	16,0
8,40	7,5	12,0	15,0	0,73	20,0	18,40	13,0	26,5	26,0	1,27	21,0
8,60	7,5	13,0	15,0	0,67	22,0	18,60	11,0	20,5	22,0	1,40	16,0
8,80	9,0	14,0	18,0	1,13	16,0	18,80	10,5	21,0	21,0	1,13	19,0
9,00	6,0	14,5	12,0	0,87	14,0	19,00	10,5	19,0	21,0	1,53	14,0
9,20	10,0	16,5	20,0	0,80	25,0	19,20	12,5	24,0	25,0	1,33	19,0
9,40	11,0	17,0	22,0	1,00	22,0	19,40	15,0	25,0	30,0	1,80	17,0
9,60	11,5	19,0	23,0	1,33	17,0	19,60	14,5	28,0	29,0	1,67	17,0
9,80	12,5	22,5	25,0	1,47	17,0	19,80	16,0	28,5	32,0	1,80	18,0
10,00	10,0	21,0	20,0	1,20	17,0	20,00	15,0	28,5	30,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

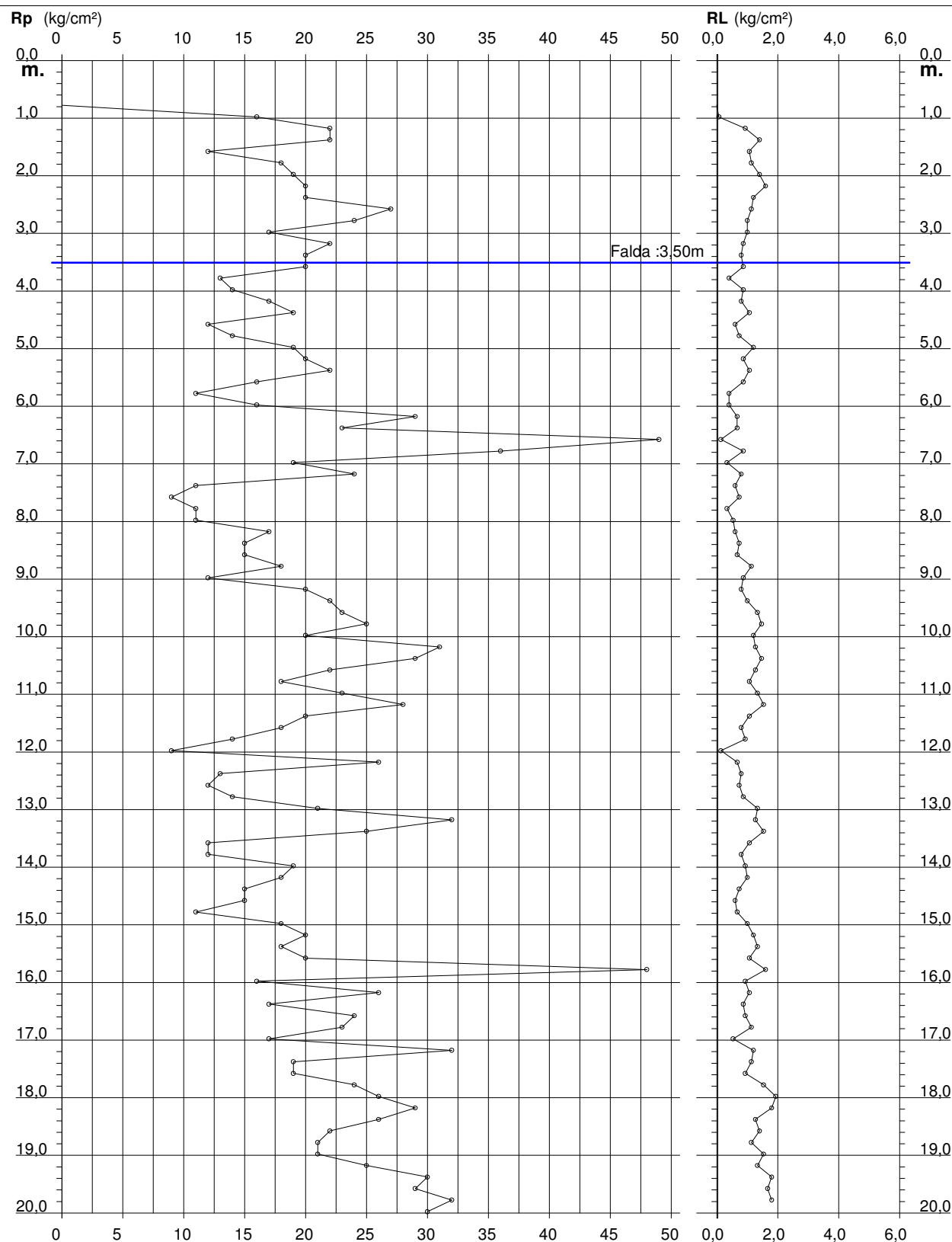
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Unione Terra di Mezzo
- lavoro : Realizzazione scala di emergenza
- località : Via della Conciliazione - Castelnovo di Sotto (RE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m dal p.c.

- data : 25/05/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



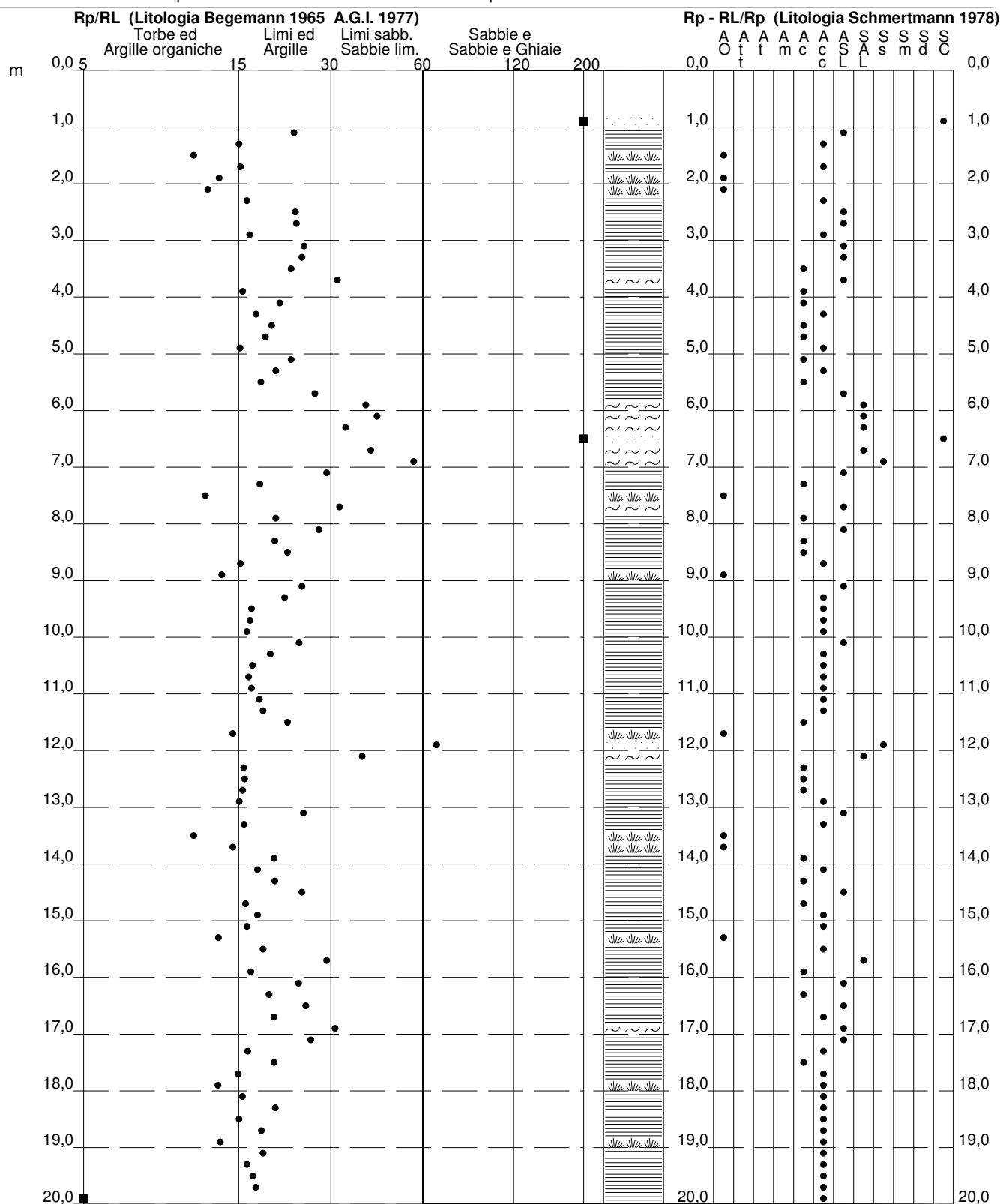
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : Unione Terra di Mezzo
 - lavoro : Realizzazione scala di emergenza
 - località : Via della Conciliazione - Castelnovo di Sotto (RE)
 - note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m dal p.c.

- data : 25/05/2017
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 3,50 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : Unione Terra di Mezzo
- lavoro : Realizzazione scala di emergenza
- località : Via della Conciliazione - Castelnovo di Sotto (RE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m dal p.c.

- data : 25/05/2017
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 3,50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	--	--	???	1,85	0,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	--	--	???	1,85	0,15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	16	240	4/1:	1,85	0,19	0,70	32,9	118	177	52	50	35	37	40	42	36	27	0,104	27	40	48
1,20	22	24	4/1:	1,85	0,22	0,85	33,4	144	216	66	57	36	38	40	43	37	28	0,121	37	55	66
1,40	22	16	4/1:	1,85	0,26	0,85	27,6	144	216	66	53	35	38	40	42	36	28	0,111	37	55	66
1,60	12	11	2/III:	1,85	0,30	0,57	14,3	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	18	16	2/III:	1,85	0,33	0,75	17,3	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	19	14	2/III:	1,85	0,37	0,78	15,8	132	198	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	20	12	4/1:	1,85	0,41	0,80	14,6	136	204	60	39	33	36	38	41	33	27	0,077	33	50	60
2,40	20	17	4/1:	1,85	0,44	0,80	13,1	136	204	60	36	33	36	38	41	33	27	0,072	33	50	60
2,60	27	24	4/1:	1,85	0,48	0,95	14,6	161	242	81	45	34	37	39	42	34	28	0,091	45	68	81
2,80	24	24	4/1:	1,85	0,52	0,89	12,3	151	227	72	39	33	36	38	41	33	28	0,077	40	60	72
3,00	17	17	2/III:	1,85	0,55	0,72	8,7	131	197	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	22	25	4/1:	1,85	0,59	0,85	9,8	144	216	66	33	33	35	38	41	31	28	0,064	37	55	66
3,40	20	25	4/1:	1,83	0,63	0,80	8,5	149	224	60	28	32	35	37	40	31	27	0,054	33	50	60
3,60	20	23	4/1:	0,93	0,65	0,80	8,2	155	232	60	27	32	35	37	40	30	27	0,052	33	50	60
3,80	13	32	4/1:	0,88	0,67	0,60	5,6	180	270	47	12	30	33	36	39	28	26	0,023	22	33	39
4,00	14	16	2/III:	0,94	0,68	0,64	5,7	183	275	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	17	21	2/III:	0,97	0,70	0,72	6,5	181	272	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	19	18	2/III:	0,99	0,72	0,78	6,9	183	274	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	12	20	2/III:	0,92	0,74	0,57	4,5	207	310	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	14	19	2/III:	0,94	0,76	0,64	5,0	210	315	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	19	16	2/III:	0,99	0,78	0,78	6,2	204	306	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	20	23	4/1:	0,93	0,80	0,80	6,3	208	312	60	22	31	34	37	40	29	27	0,042	33	50	60
5,40	22	21	4/1:	0,93	0,82	0,85	6,6	210	315	66	25	31	34	37	40	30	28	0,047	37	55	66
5,60	16	18	2/III:	0,96	0,84	0,70	5,0	231	346	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	11	27	2/III:	0,91	0,85	0,54	3,5	241	362	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	16	40	4/1:	0,90	0,87	0,70	4,7	242	364	52	12	30	33	36	39	28	27	0,024	27	40	48
6,20	29	43	3/III:	0,87	0,89	--	--	--	--	--	32	33	35	38	41	31	29	0,063	48	73	87
6,40	23	34	3/III:	0,86	0,91	--	--	--	--	--	24	31	34	37	40	29	28	0,045	38	58	69
6,60	49	367	3/III:	0,92	0,93	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	33	31	0,102	82	123	147
6,80	36	42	3/III:	0,89	0,94	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	32	30	0,076	60	90	108
7,00	19	57	4/1:	0,92	0,96	0,78	4,8	267	400	58	16	30	33	36	39	28	27	0,030	32	48	57
7,20	24	30	4/1:	0,94	0,98	0,89	5,6	265	398	72	23	31	34	37	40	29	28	0,045	40	60	72
7,40	11	18	2/III:	0,91	1,00	0,54	2,9	269	404	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	9	12	2/III:	0,88	1,02	0,45	2,3	245	368	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	11	33	4/1:	0,87	1,03	0,54	2,8	274	412	42	--	28	31	35	38	25	26	--	18	28	33
8,00	11	21	2/III:	0,91	1,05	0,54	2,7	277	415	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	17	28	2/III:	0,97	1,07	0,72	3,8	301	452	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	15	20	2/III:	0,95	1,09	0,67	3,4	306	460	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	15	22	2/III:	0,95	1,11	0,67	3,3	311	466	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	18	16	2/III:	0,98	1,13	0,75	3,8	318	477	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	12	14	2/III:	0,92	1,15	0,57	2,6	298	447	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	20	25	4/1:	0,93	1,17	0,80	3,9	327	490	60	13	30	33	36	39	27	27	0,025	33	50	60
9,40	22	22	4/1:	0,93	1,18	0,85	4,1	331	496	66	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
9,60	23	17	4/1:	0,94	1,20	0,87	4,2	336	504	69	17	30	33	36	39	28	28	0,032	38	58	69
9,80	25	17	4/1:	0,94	1,22	0,91	4,3	341	512	75	19	31	34	36	40	28	28	0,037	42	63	75
10,00	20	17	4/1:	0,93	1,24	0,80	3,6	350	525	60	11	30	33	36	39	27	27	0,023	33	50	60
10,20	31	24	4/1:	0,97	1,26	1,03	4,9	349	523	93	26	32	34	37	40	29	29	0,050	52	78	93
10,40	29	20	4/1:	0,96	1,28	0,98	4,5	357	535	87	23	31	34	37	40	29	29	0,045	48	73	87
10,60	22	17	4/1:	0,93	1,30	0,85	3,7	366	549	66	14	30	33	36	39	27	28	0,026	37	55	66
10,80	18	17	2/III:	0,98	1,32	0,75	3,1	364	545	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	23	17	4/1:	0,94	1,34	0,87	3,7	377	566	69	14	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69
11,20	28	18	4/1:	0,96	1,36	0,97	4,1	378	568	84	21	31	34	37	40	28	28	0,040	47	70	84
11,40	20	19	4/1:	0,93	1,37	0,80	3,2	382	573	60	9	29	32	35	39	26	27	0,019	33	50	60
11,60	18	22	2/III:	0,98	1,39	0,75	2,9	376	564	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	14	15	2/III:	0,94	1,41	0,64	2,3	345	517	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	9	67	4/1:	0,85	1,43	0,45	1,5	263	394	38	--	28	31	35	38	25	26	--	15	23	27
12,20	26	39	3/III:	0,87	1,45	--	--	--	--	--	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
12,40	13	16	2/III:	0,93	1,46	0,60	2,1	336	504	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	12	16	2/III:	0,92	1,48	0,57	1,9	323	484	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	14	16	2/III:	0,94	1,50	0,64	2,1	351	527	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	21	16	4/1:	0,93	1,52	0,82	2,9	412	618	63	8	29	32	35	39	26	27	0,017	35	53	63
13,20	32	25	4/1:	0,																	

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del V_{s30}



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: Castelnovo di Sotto (RE) via della Conciliazione.DAT

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: Unione Terra di Mezzo - Realizzazione scala d'emergenza.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum vs & thickness): 50 0.5 70 4
 90 0.5 110 1 130 10 150
 9 170
 Adopted search space (maximum vs & thickness): 250 2 280 6 310 2 340 3 360
 12 400 11 430
 Adopted Poisson values: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
 0.35

Output folder: C:\Users\Stefano27\Desktop\SISMICHE 2017\Giusti\5\Castelnovo Sotto\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-18.4096	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-17.6027	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-18.4673	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-16.3383	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-17.7202	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-17.2702	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-16.5884	-3.50348
Optimizing vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-18.6262	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-16.6528	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-13.1509	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-17.3044	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-14.2908	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-17.391	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-19.4374	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-18.0591	-3.27704
Optimizing vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-15.2259	-3.27582
Optimizing vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-12.481	-3.27582
Optimizing vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-13.1371	-3.27582
Optimizing vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-17.3672	-3.27582
Optimizing vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-16.6088	-3.27582
Optimizing vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-16.7431	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:	-18.775	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:	-20.4417	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:	-18.1517	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:	-12.5937	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:	-14.7888	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:	-12.926	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:	-15.4861	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:	-16.8588	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:	-15.3596	-2.91142
Optimizing vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:	-14.1737	-2.91142

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-9.6184	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-8.0596	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-7.6238	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-8.613	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-9.0136	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-8.3591	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-7.9403	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-7.4543	-2.9114
Optimizing vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-7.9857	-2.9114

Model after the vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

vs (m/s): 156 190 203 167 255 265 394

Thickness (m): 1.5 4 0.55 1.8 11 11

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

Columns 1 through 7

0.0500	0.0755	0.1186	0.1539	0.2235	0.2667	0.3422
0.1888	0.2582	0.2900	0.3979	0.6224	0.7601	0.8304
0	0	0	0	0	0	0

0 0 0 0 0 0 0

Columns 8 through 14

0.4029	0.4500	0.5177	0.5902	0.6500	0.7029	0.7500
0.9104	1.0000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 15 through 16

0.8667	1.0000
0	0
0	0
0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -3.3167	-2.7339
Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -3.0271	-2.5485
Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -2.8671	-2.5157
Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.8344	-2.5157
Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.7738	-2.5157
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.7863	-2.5151
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.7057	-2.5151
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.7174	-2.5151
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.7228	-2.5151

Number of models considered to calculate the average model: 66

RESULTS
#####

Dataset: Castelnovo di Sotto (RE) via della Conciliazione.DAT
Analyzed curve/spectrum: Unione Terra di Mezzo - Realizzazione scala d'emergenza.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s):	157	192	197	186	267	274	356
Standard deviations (m/s):	3	10	27	36	22	46	79

Thickness (m):	1.6	4.4	0.8	2.0	10.9	10.3
Standard deviations (m):	0.2	0.5	0.5	0.5	0.9	1.2

Approximate values for vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	792	748	681	615	889	777	1292
Density (gr/cm3):	2.00	1.98	1.96	1.94	2.03	1.99	2.12
Vp/Vs ratio:	5.04	3.90	3.46	3.31	3.33	2.84	3.63
Poisson:	0.48	0.46	0.45	0.45	0.43	0.46	
Shear modulus (MPa):	49	73	76		67	144	150
Estimated static shear modulus (MPa):	0			0		0	268
	0						0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
2.91336	305.0103
4.39835	269.2991
6.91142	232.58
8.96757	212.5538
13.0227	188.7534
15.5358	183.0723
19.9337	178.4032
23.4748	176.1329
26.2164	174.5524
30.1573	172.206
34.3838	169.4818
37.8679	167.1355
40.9521	165.0742
43.6936	163.3186
50.4903	159.5179
58.258	156.3048

First higher mode

Mean model

11.1951	281.8587
15.3074	263.6141
17.1922	259.2217
23.5891	242.2134
36.8969	206.2093

45.0644	199.3431
49.2338	197.4328
53.9743	195.9037
59.2861	194.6705

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 156 190 203 167 255 265 394
thickness (m): 1.51016 4.04308 0.550855 1.79832 10.9065 10.8567

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	382	1004	1035	1082	651	572	707				
Density (gr/cm3):	1.82	2.05	2.06	2.07	1.95	1.92	1.97				
Vp/Vs ratio:	2.45	5.28	5.10	6.48	2.55	2.16	1.79				
Poisson:	0.40	0.48	0.48	0.49	0.41	0.36	0.27				
Shear modulus (MPa):	44	74	85	58	127	135	306				
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	0	0	0	0				

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.91336	315.2783
4.39835	261.6279
6.91142	223.3164
8.96757	206.8283
13.0227	185.8409
15.5358	180.3752
19.9337	176.1136
23.4748	174.2596
26.2164	173.0056
30.1573	171.0645
34.3838	168.6077
37.8679	166.3163
40.9521	164.1882
43.6936	162.3057
50.4903	158.0716
58.258	154.4047

First higher mode)

best model

11.1951	278.0024
15.3074	256.5789
17.1922	251.9173
23.5891	238.6897
36.8969	203.0442
45.0644	195.2683
49.2338	193.2494
53.9743	191.7028
59.2861	190.5044

Vs5 (mean model): 180 m/s

Vs5 (best model): 178 m/s

Vs20 (mean model): 223 m/s

Vs20 (best model): 218 m/s

Vs30 (mean model): 238 m/s

Vs30 (best model): 233 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).
S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\Users\Stefano27\Desktop\SISMICHE 2017\Giusti\5\Castelnovo Sotto\output_disp".

=====

winMASW
Surface Waves & Beyond
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 66
Vs5 for the best model: 178
Vs30 for the best model: 233
Analyzing phase velocities

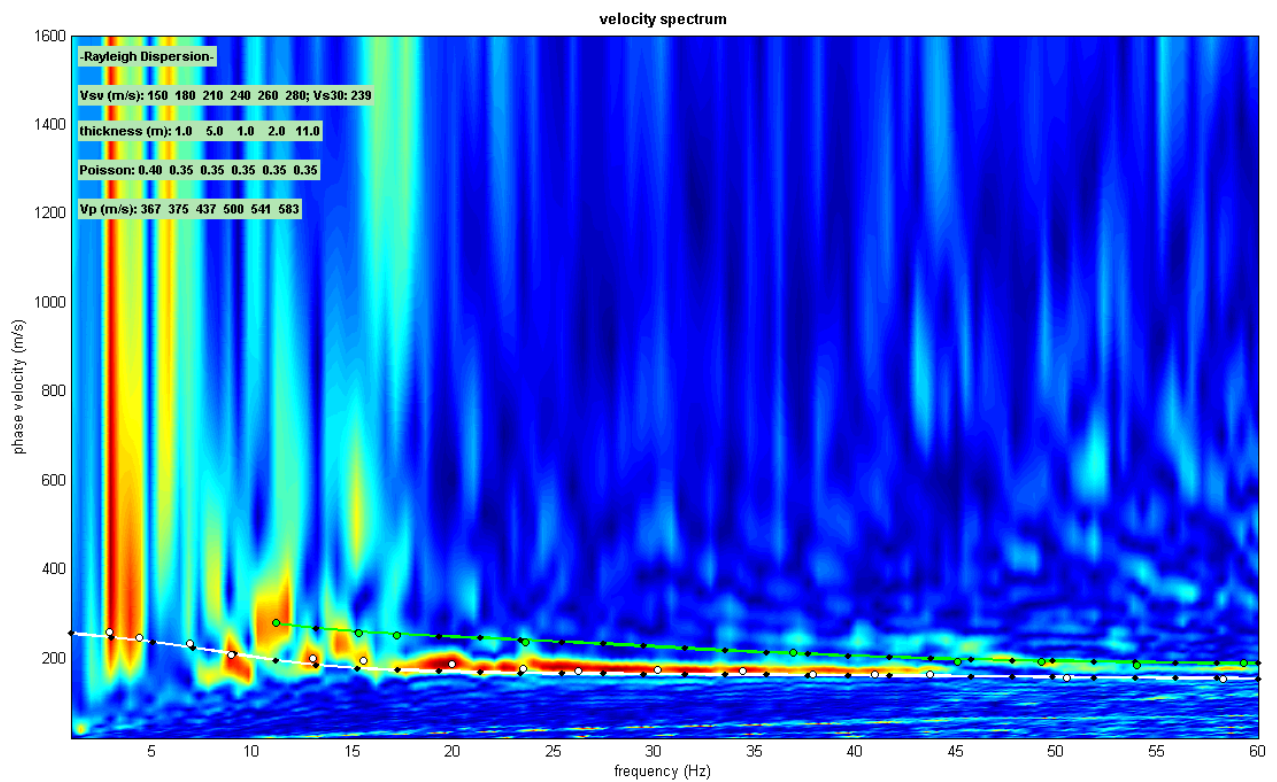
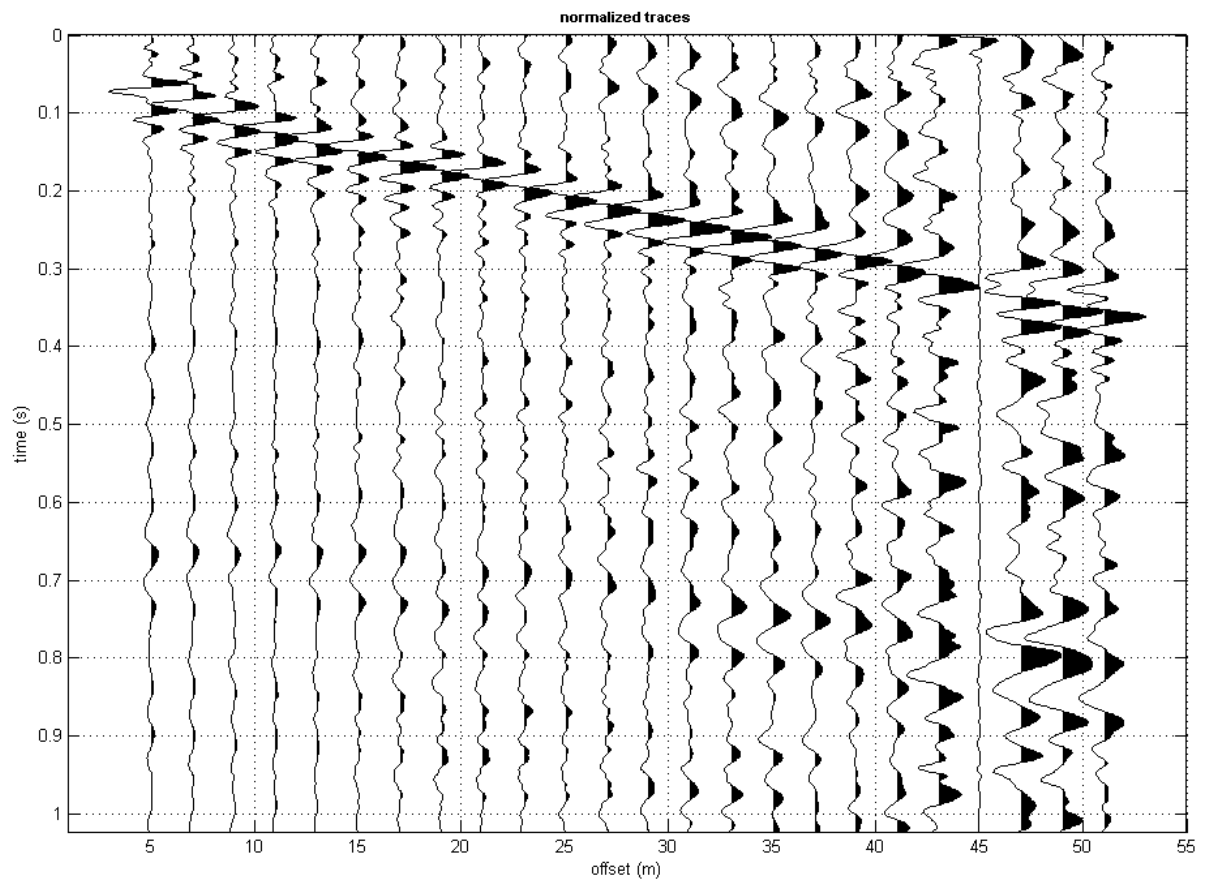
Elapsed time is 117.292851 seconds.

dataset: Castelnovo di Sotto (RE) via della Conciliazione.DAT

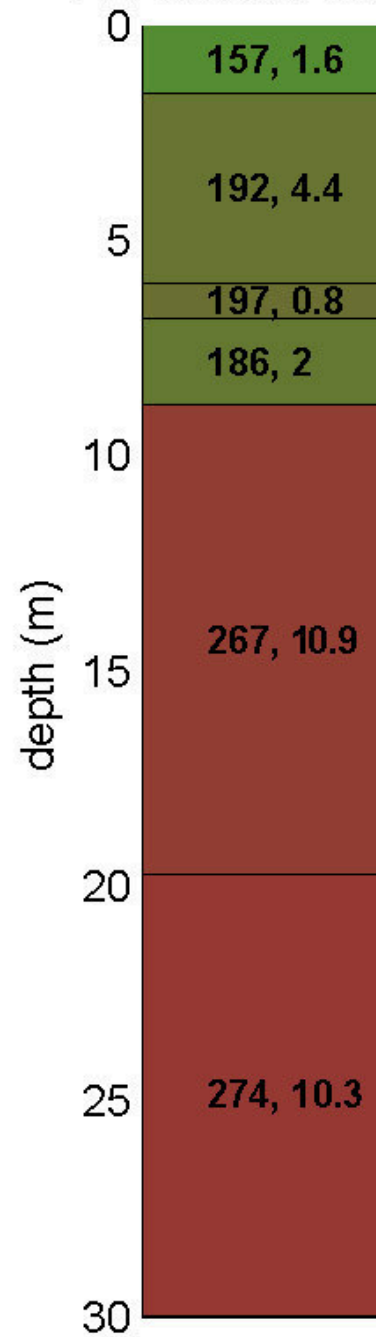
sampling: 1 ms

minimum offset: 5 m

geophone spacing: 2 m



Subsurface model



V_s (m/s)	thickness (m)
----------------	------------------

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: Castelnovo di Sotto (RE) via della Conciliazione.DAT

Mean model

Vs (m/s): 157, 192, 197, 186, 267, 274, 356

Standard deviations (m/s): 3, 10, 27, 36, 22, 46, 79

Thickness (m): 1.6, 4.4, 0.8, 2.0, 10.9, 10.3

Standard deviations (m): 0.2, 0.5, 0.5, 0.5, 0.9, 1.2

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.00, 1.98, 1.96, 1.94, 2.03, 1.99, 2.12

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 49 73 76 67 144 150 268

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Unione Terra di Mezzo - Realizzazione scala d'emergenza.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

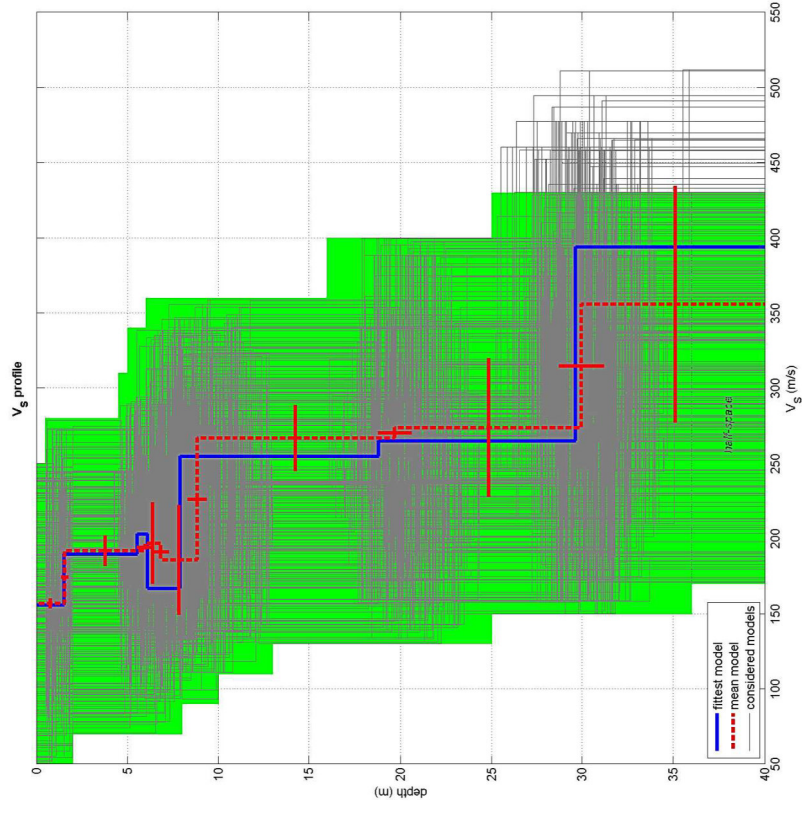
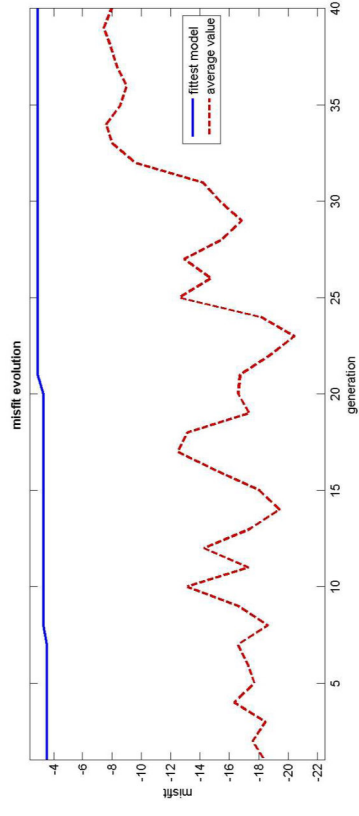
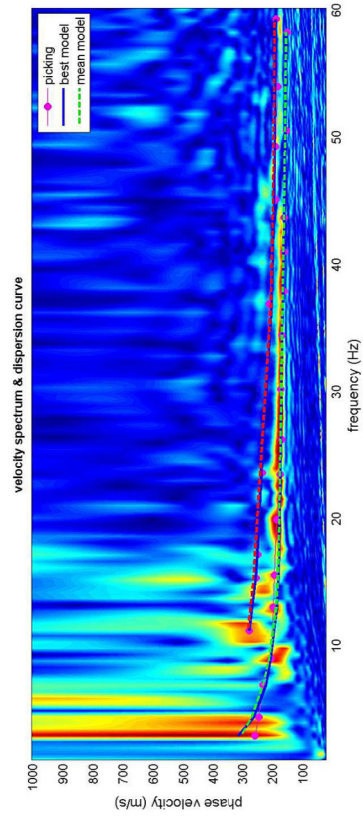
Vp (m/s): 792, 748, 681, 615, 889, 777, 1292

Poisson: 0.48 0.46 0.45 0.45 0.45 0.43 0.46

Vs30 (m/s): 238

Soil classification:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < \text{cu}_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).



dataset: Castelnuovo di Sotto (RE) via della Conciliazione.DAT
 dispersion curve: Unione Terra di Mezzo - Realizzazione scala d'emergenza.cdp
 V_{S30} (best model): 233 m/s
 V_{S30} (mean model): 238 m/s

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Realizzazione scala d'emergenza della Casa Protetta
Ditta: Unione Terra di Mezzo
Comune: Via della Conciliazione – Castelnovo di Sotto (RE)

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 14 Gennaio 2008

Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo **n** è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitude Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 3.5 m

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.14

Fattore amplificazione 2.48

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.21

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	
1	Sabbie Sciolte	0	0.8	17.65	20.59	13.53	-26.18	
2	Argilla inorganica compatta	0.8	5.5	19.22	20.01	1877.97	94.05	
3	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	5.5	7.5	19.58	20.37	2388.12	56.19	
4	Argilla inorganica compatta	7.5	16	19.21	19.99	2023.6	96.69	
5	Argille sabbiose e limose	16	20	19.62	20.41	2662.8	122.58	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	21.966	20.005	62.783	5.067	2.550	1.7	96.813	0.991	0.164	0.089	1.847	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	25.968	22.045	58.372	5.078	2.571	1.7	100.731	0.989	0.175	0.095	1.836	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	29.970	24.086	54.622	5.089	2.591	1.7	104.490	0.988	0.186	0.101	1.851	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	33.972	26.127	51.390	5.100	2.610	1.7	108.106	0.986	0.197	0.105	1.882	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	37.974	28.167	48.571	5.111	2.627	1.7	111.595	0.985	0.209	0.109	1.926	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	41.976	30.208	46.089	5.123	2.643	1.7	114.969	0.983	0.221	0.112	1.980	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	45.978	32.249	43.884	5.134	2.658	1.7	118.238	0.982	0.234	0.115	2.041	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	49.980	34.289	53.311	5.145	2.602	1.7	106.544	0.980	0.192	0.117	1.647	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	53.982	36.330	50.206	5.156	2.620	1.7	110.179	0.979	0.204	0.119	1.718	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	57.984	38.371	47.432	5.168	2.637	1.7	113.767	0.977	0.217	0.121	1.796	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	61.986	40.411	44.937	5.179	2.654	1.7	117.310	0.976	0.230	0.122	1.880	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	65.988	42.452	42.683	5.190	2.670	1.7	120.810	0.974	0.244	0.124	1.970	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	69.990	44.493	40.635	5.202	2.686	1.7	124.269	0.972	0.258	0.125	2.065	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	73.992	46.533	38.767	5.213	2.700	1.7	127.689	0.971	0.274	0.126	2.166	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	77.994	48.574	37.056	5.225	2.715	1.7	131.072	0.969	0.289	0.127	2.273	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	81.996	50.615	35.483	5.237	2.729	1.7	134.420	0.968	0.306	0.128	2.384	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	85.998	52.655	34.032	5.248	2.742	1.7	137.734	0.966	0.323	0.129	2.501	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	90.000	54.696	32.689	5.260	2.755	1.7	141.015	0.965	0.341	0.130	2.624	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	94.002	56.737	31.443	5.272	2.768	1.7	144.265	0.963	0.359	0.131	2.751	non suscettibile	0	Molto basso

5.00	98.004	58.777	30.283	5.284	2.780	1.7	147.486	0.962	0.378	0.131	2.884	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	102.006	60.818	29.201	5.296	2.792	1.644248	145.736	0.960	0.368	0.132	2.792	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	106.008	62.859	28.190	5.308	2.804	1.590869	143.967	0.959	0.358	0.132	2.703	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	110.046	64.935	29.636	2.467	2.567	1.240964	92.848	0.957	0.154	0.133	1.164	suscettibile	0.00	Molto basso
5.80	114.120	67.048	29.165	2.471	2.573	1.221256	92.371	0.956	0.153	0.133	1.152	suscettibile	0.00	Molto basso
6.00	118.194	69.161	28.716	2.475	2.579	1.202459	91.916	0.954	0.152	0.133	1.141	suscettibile	0.00	Molto basso
6.20	122.268	71.273	28.287	2.480	2.585	1.184503	91.480	0.953	0.151	0.134	1.131	suscettibile	0.00	Molto basso
6.40	126.342	73.386	27.877	2.484	2.590	1.167329	91.061	0.951	0.150	0.134	1.121	suscettibile	0.00	Molto basso
6.60	130.416	75.499	27.484	2.489	2.595	1.15088	90.660	0.950	0.149	0.134	1.113	suscettibile	0.00	Molto basso
6.80	134.490	77.611	28.881	2.493	2.579	1.20936	92.447	0.948	0.153	0.134	1.142	suscettibile	0.00	Molto basso
7.00	138.564	79.724	28.305	2.498	2.586	1.185244	91.832	0.946	0.152	0.135	1.130	suscettibile	0.00	Molto basso
7.20	142.638	81.837	27.755	2.502	2.594	1.162221	91.240	0.945	0.151	0.135	1.118	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	146.712	83.949	26.700	2.507	2.607	1.191193	95.898	0.943	0.162	0.135	1.201	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	150.748	86.024	21.771	5.163	2.878	1.162465	129.016	0.942	0.280	0.135	2.071	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	154.746	88.061	21.222	5.174	2.887	1.135579	127.975	0.940	0.275	0.135	2.034	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	158.744	90.097	20.698	5.185	2.895	1.109909	126.971	0.939	0.270	0.135	1.998	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	162.742	92.134	20.197	5.196	2.904	1.085374	126.001	0.937	0.266	0.135	1.964	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	166.740	94.171	19.718	5.207	2.912	1.0619	125.063	0.936	0.262	0.136	1.932	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	170.738	96.207	19.259	5.218	2.921	1.03942	124.156	0.934	0.258	0.136	1.902	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	174.736	98.244	18.819	5.230	2.929	1.017872	123.278	0.933	0.254	0.136	1.873	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	178.734	100.281	18.397	5.241	2.937	0.9971998	122.427	0.931	0.251	0.136	1.846	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	182.732	102.318	17.992	5.252	2.945	0.9773501	121.603	0.928	0.247	0.136	1.823	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	186.730	104.354	17.602	5.264	2.952	0.9582753	120.803	0.923	0.244	0.135	1.805	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	190.728	106.391	17.228	5.275	2.960	0.9399307	120.027	0.918	0.241	0.135	1.789	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	194.726	108.428	16.867	5.287	2.968	0.9222754	119.273	0.912	0.238	0.134	1.774	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	198.724	110.464	16.520	5.298	2.975	0.9052709	118.541	0.907	0.235	0.133	1.760	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	202.722	112.501	16.185	5.310	2.982	0.8888824	117.829	0.902	0.232	0.133	1.746	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	206.720	114.538	15.863	5.322	2.990	0.8730765	117.137	0.896	0.229	0.132	1.734	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	210.718	116.574	15.551	5.333	2.997	0.857823	116.464	0.891	0.227	0.132	1.722	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	214.716	118.611	15.251	5.345	3.004	0.8430932	115.808	0.886	0.224	0.131	1.711	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	218.714	120.648	14.960	5.357	3.011	0.8288609	115.170	0.880	0.222	0.131	1.701	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	222.712	122.684	14.679	5.369	3.018	0.815101	114.548	0.875	0.220	0.130	1.691	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	226.710	124.721	14.407	5.381	3.025	0.8017906	113.942	0.870	0.218	0.129	1.682	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	230.708	126.758	14.144	5.393	3.031	0.7889079	113.351	0.864	0.215	0.129	1.674	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	234.706	128.794	13.890	5.405	3.038	0.7764325	112.774	0.859	0.213	0.128	1.666	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	238.704	130.831	13.643	5.417	3.045	0.7643457	112.212	0.854	0.211	0.127	1.659	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	242.702	132.868	13.404	5.429	3.051	0.7526293	111.663	0.848	0.209	0.127	1.652	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	246.700	134.904	13.172	5.441	3.058	0.7412668	111.127	0.843	0.208	0.126	1.646	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	250.698	136.941	12.946	5.454	3.064	0.7302422	110.603	0.838	0.206	0.125	1.641	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	254.696	138.978	12.728	5.466	3.070	0.7195407	110.092	0.832	0.204	0.125	1.636	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	258.694	141.014	12.516	5.478	3.077	0.7091485	109.592	0.827	0.202	0.124	1.631	non suscettibile	0	Molto basso

13.20	262.692	143.051	12.310	5.491	3.083	0.6990519	109.103	0.822	0.201	0.123	1.627	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	266.690	145.088	12.109	5.503	3.089	0.689239	108.626	0.816	0.199	0.123	1.623	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	270.688	147.124	11.915	5.516	3.095	0.6796978	108.158	0.811	0.198	0.122	1.619	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	274.686	149.161	11.725	5.529	3.101	0.670417	107.701	0.806	0.196	0.121	1.616	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	278.684	151.198	11.541	5.541	3.107	0.6613863	107.254	0.800	0.195	0.121	1.614	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	282.682	153.234	11.361	5.554	3.113	0.6525958	106.816	0.795	0.193	0.120	1.612	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	286.680	155.271	11.186	5.567	3.119	0.6440357	106.387	0.790	0.192	0.119	1.610	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	290.678	157.308	11.016	5.580	3.125	0.6356973	105.967	0.784	0.191	0.119	1.608	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	294.676	159.344	10.850	5.592	3.130	0.6275721	105.556	0.779	0.189	0.118	1.607	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	298.674	161.381	10.689	5.605	3.136	0.619652	105.153	0.774	0.188	0.117	1.606	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	302.672	163.418	10.531	5.618	3.142	0.6119293	104.758	0.768	0.187	0.116	1.606	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	306.670	165.454	10.377	5.632	3.147	0.6043966	104.371	0.763	0.186	0.116	1.606	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	310.668	167.491	10.227	5.645	3.153	0.5970473	103.992	0.757	0.185	0.115	1.606	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	314.666	169.528	10.081	5.658	3.158	0.5898745	103.621	0.752	0.183	0.114	1.606	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	318.664	171.564	9.938	5.671	3.164	0.582872	103.256	0.747	0.182	0.113	1.607	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	322.746	173.685	13.473	5.238	3.040	0.5757552	110.301	0.741	0.205	0.113	1.817	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	326.828	175.806	13.287	5.247	3.045	0.5688101	109.880	0.736	0.203	0.112	1.816	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	330.910	177.926	13.106	5.257	3.050	0.5620306	109.467	0.731	0.202	0.111	1.816	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	334.992	180.047	12.929	5.266	3.055	0.5554108	109.061	0.725	0.201	0.110	1.817	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	339.074	182.168	12.756	5.275	3.060	0.548945	108.663	0.720	0.199	0.110	1.818	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	343.156	184.288	12.587	5.284	3.065	0.5426281	108.272	0.715	0.198	0.109	1.819	non suscettibile	0	Molto basso
17.40	347.238	186.409	12.422	5.294	3.070	0.5364549	107.888	0.709	0.197	0.108	1.820	non suscettibile	0	Molto basso
17.60	351.320	188.530	12.261	5.303	3.075	0.5304207	107.511	0.704	0.196	0.107	1.822	non suscettibile	0	Molto basso
17.80	355.402	190.650	12.103	5.312	3.079	0.5245206	107.141	0.699	0.194	0.107	1.824	non suscettibile	0	Molto basso
18.00	359.484	192.771	11.948	5.322	3.084	0.5187503	106.776	0.693	0.193	0.106	1.826	non suscettibile	0	Molto basso
18.20	363.566	194.892	11.798	5.331	3.089	0.5131057	106.418	0.688	0.192	0.105	1.829	non suscettibile	0	Molto basso
18.40	367.648	197.012	11.650	5.341	3.094	0.5075826	106.067	0.683	0.191	0.104	1.832	non suscettibile	0	Molto basso
18.60	371.730	199.133	11.505	5.350	3.098	0.502177	105.721	0.677	0.190	0.103	1.835	non suscettibile	0	Molto basso
18.80	375.812	201.254	11.364	5.360	3.103	0.4968855	105.381	0.672	0.189	0.103	1.839	non suscettibile	0	Molto basso
19.00	379.894	203.374	11.225	5.369	3.108	0.4917042	105.046	0.667	0.188	0.102	1.843	non suscettibile	0	Molto basso
19.20	383.976	205.495	11.089	5.379	3.112	0.4866299	104.717	0.661	0.187	0.101	1.847	non suscettibile	0	Molto basso
19.40	388.058	207.616	10.957	5.389	3.117	0.4816593	104.393	0.656	0.186	0.100	1.852	non suscettibile	0	Molto basso
19.60	392.140	209.736	10.826	5.398	3.121	0.4767891	104.075	0.651	0.185	0.100	1.857	non suscettibile	0	Molto basso
19.80	396.222	211.857	10.699	5.408	3.126	0.4720165	103.762	0.645	0.184	0.099	1.862	non suscettibile	0	Molto basso
20.00	400.304	213.978	10.574	5.418	3.130	0.4673385	103.453	0.640	0.183	0.098	1.868	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

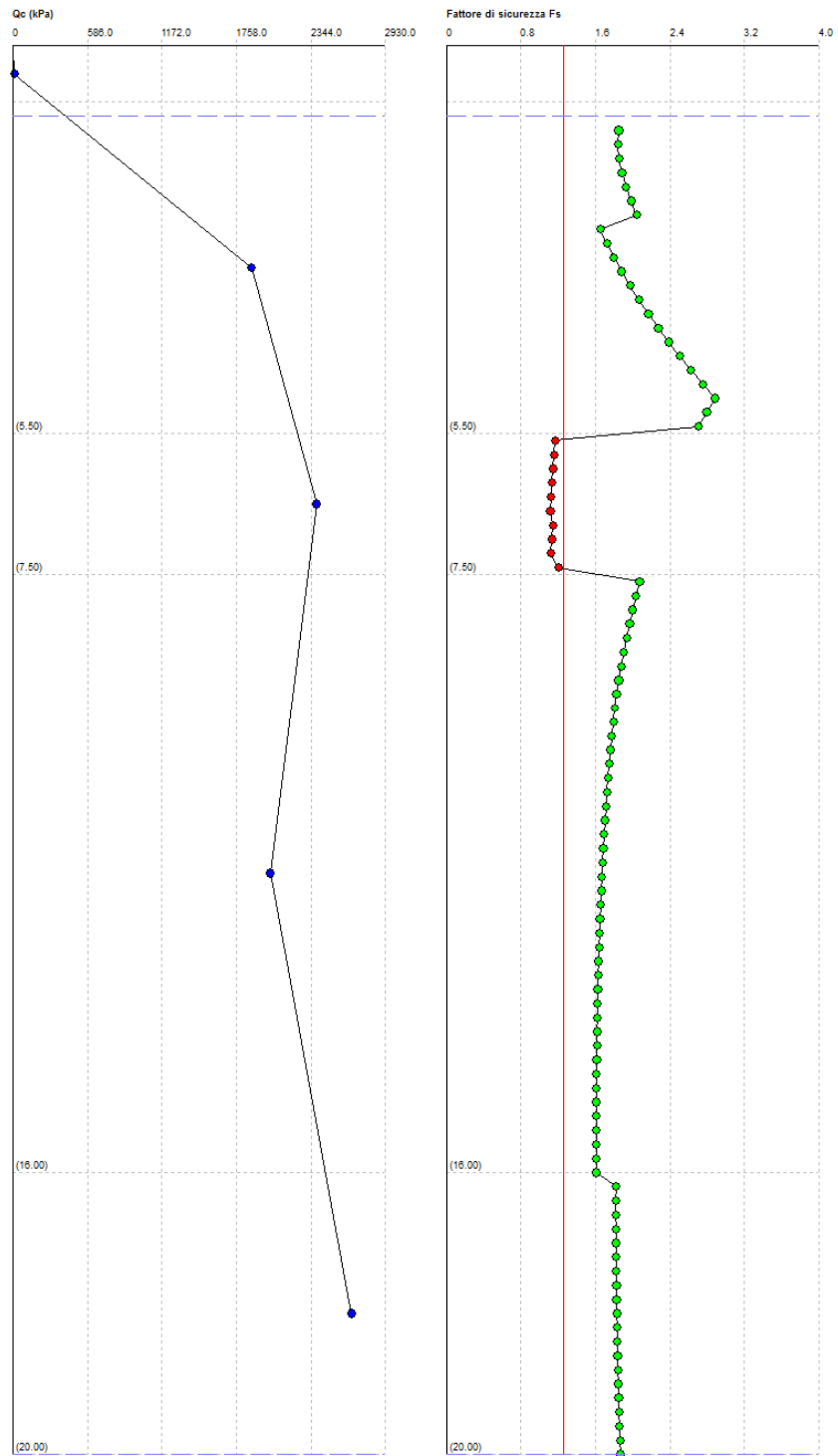
<FIELD1>

<FIELD2>

<FIELD3>

<FIELD4>

1:87



RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

**REALIZZAZIONE DI UNA SCALA DI EMERGENZA
A SERVIZIO DELLA CASA PROTETTA E CENTRO DIURNO**

CASTELNOVO DI SOTTO (RE)

Committente: UNIONE TERRA DI MEZZO

Data: dicembre 2020

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

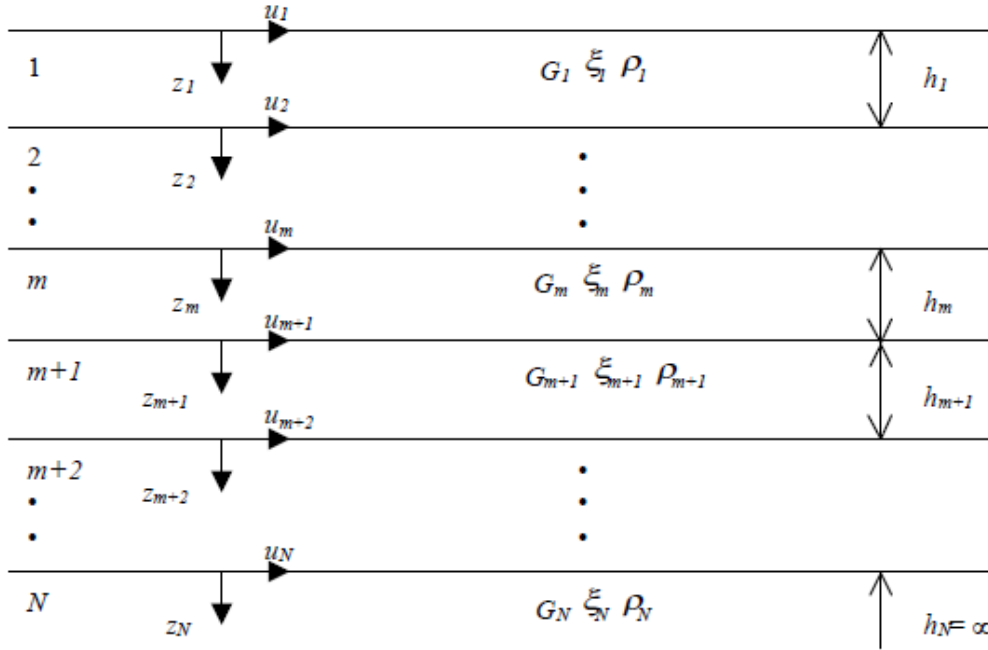


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

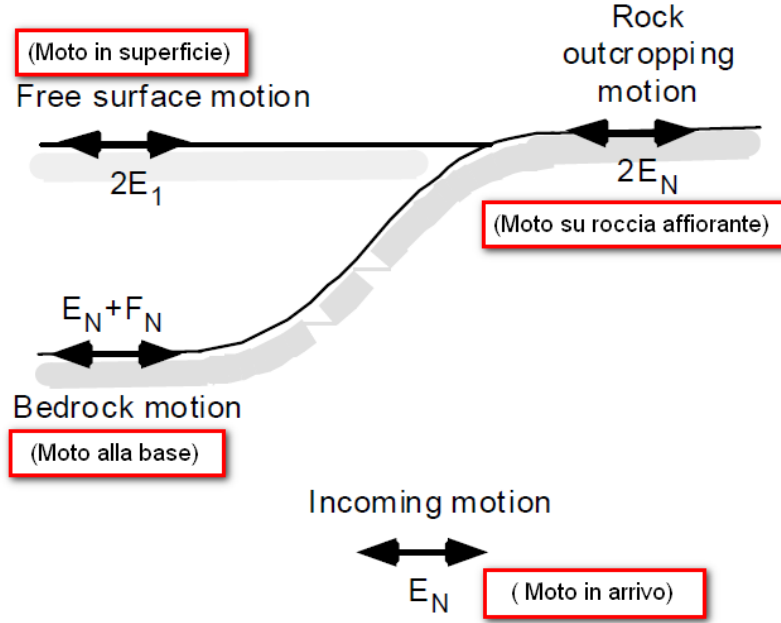


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

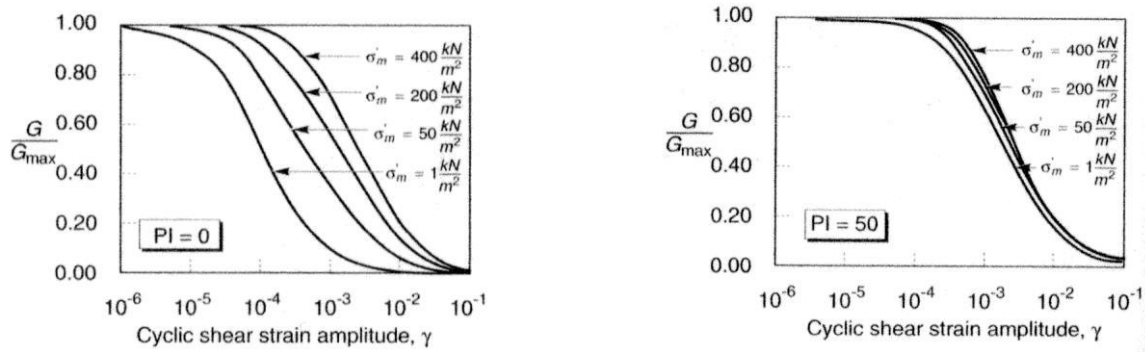


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

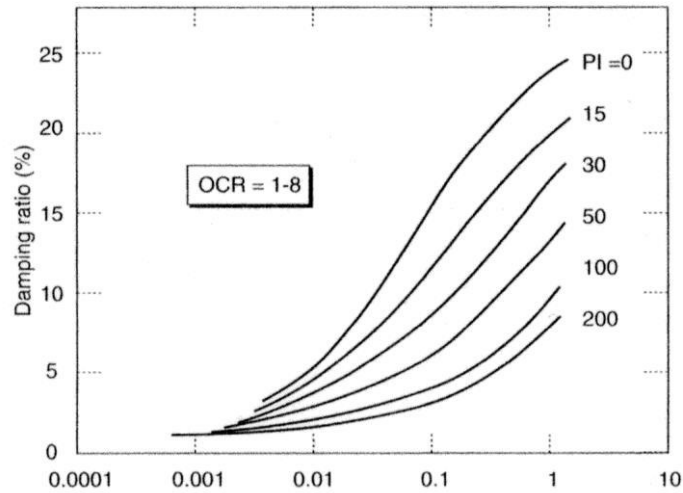


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

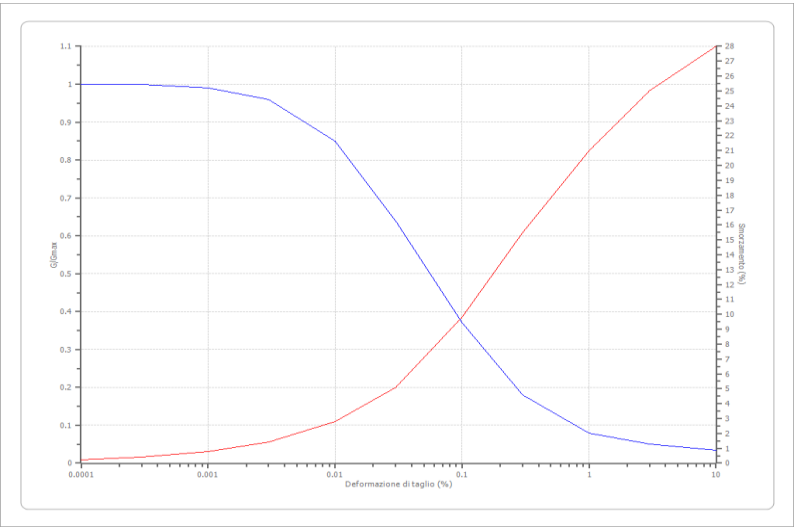
Dati generali

Latitudine
 44,81011[°]
 Longitudine
 10,5652628[°]

Terreni

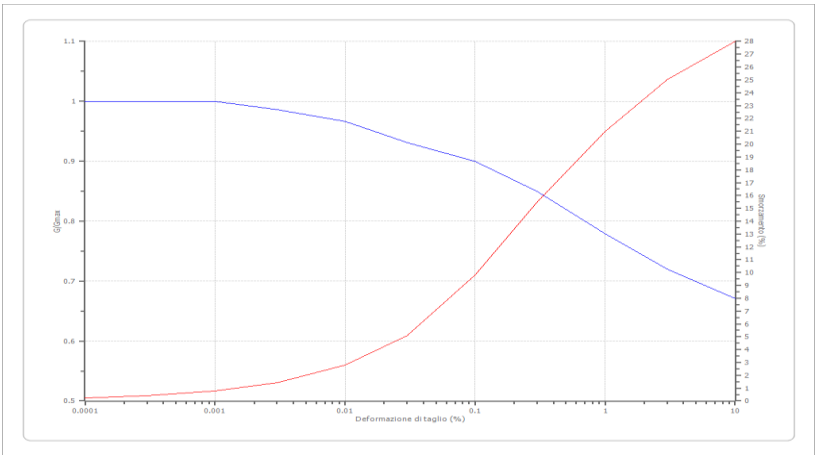
Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	1.6	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	50.25	18.0	157.0	8.2
2	1.6	4.4	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	75.16	18.0	192.0	60.3
3	6.0	0.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	83.08	18.0	197.0	108.8
4	6.8	2.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	74.06	18.0	186.0	124.4
5	8.8	10.9	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	152.61	19.0	267.0	196.6
6	19.7	10.3	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	160.71	19.0	274.0	315.2
7	30.0	30.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	271.30	20.0	356.0	540.7
8	60.0	30.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	454.13	21.0	450.0	891.4
9	90.0	30.0	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	678.39	22.0	550.0	1257.1
10	120.0	--	Smorzamento costante	807.34	22.0	600.0	1440.0

Strato con falda: 2

Strato rilevamento accelerogramma: 10 Affiorante

Elaborazione

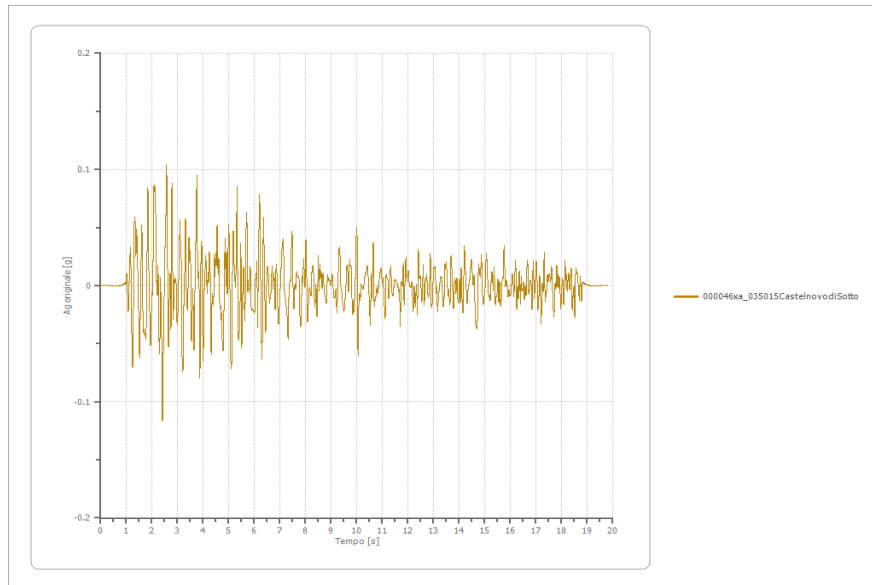
Numero di iterazioni 16

Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5

Tipo di modulo elastico Shake

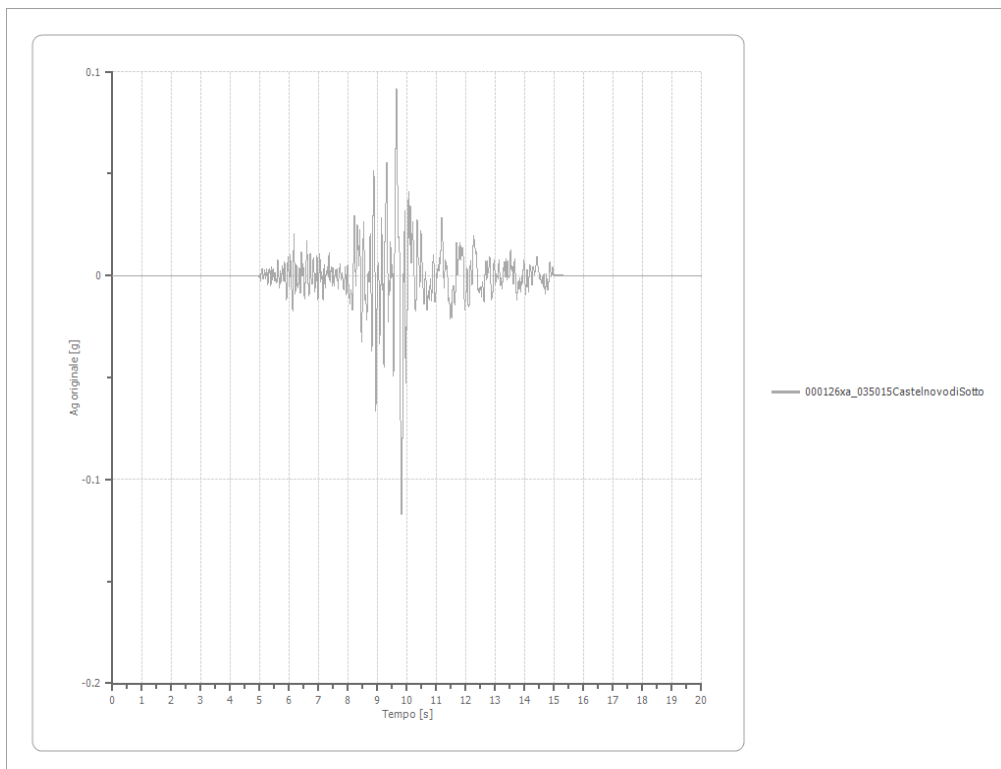
File 000046xa_035015CastelnovodiSotto:

Durata della traccia	19.810 [s]
Accelerazione massima	0.117 [g]
Periodo con accelerazione massima	2.410 [s]



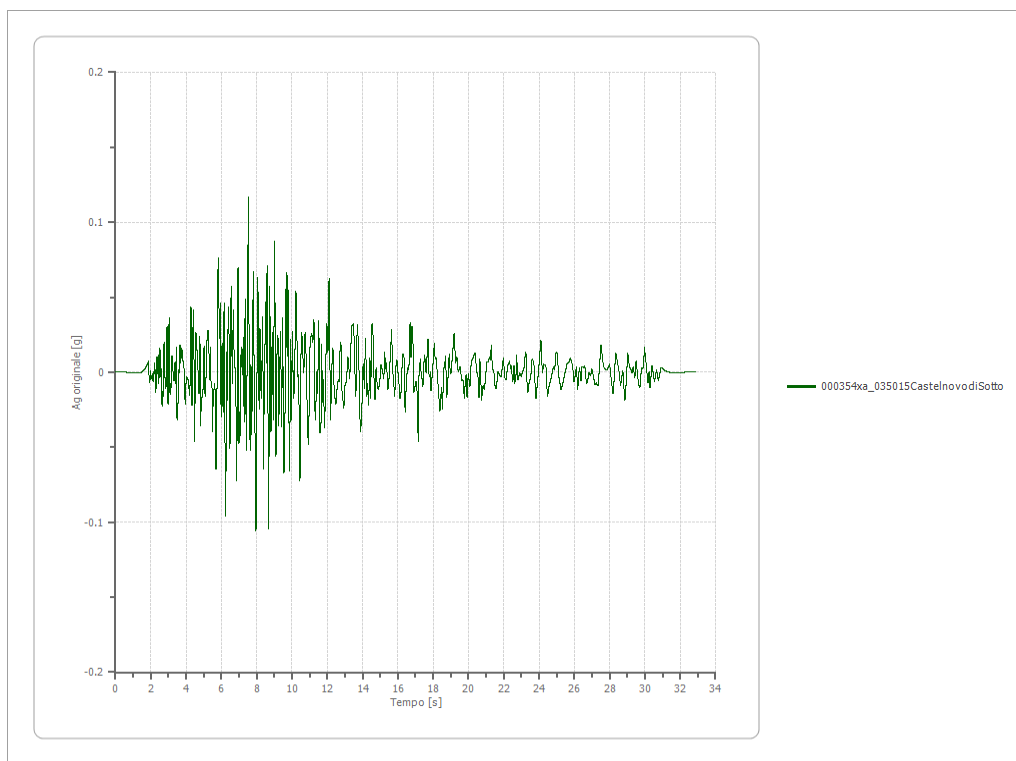
File 000126xa_035015CastelnovodiSotto:

Durata della traccia	19.985 [s]
Accelerazione massima	0.117 [g]
Periodo con accelerazione massima	9.820 [s]



File 000354xa_035015CastelnovodiSotto:

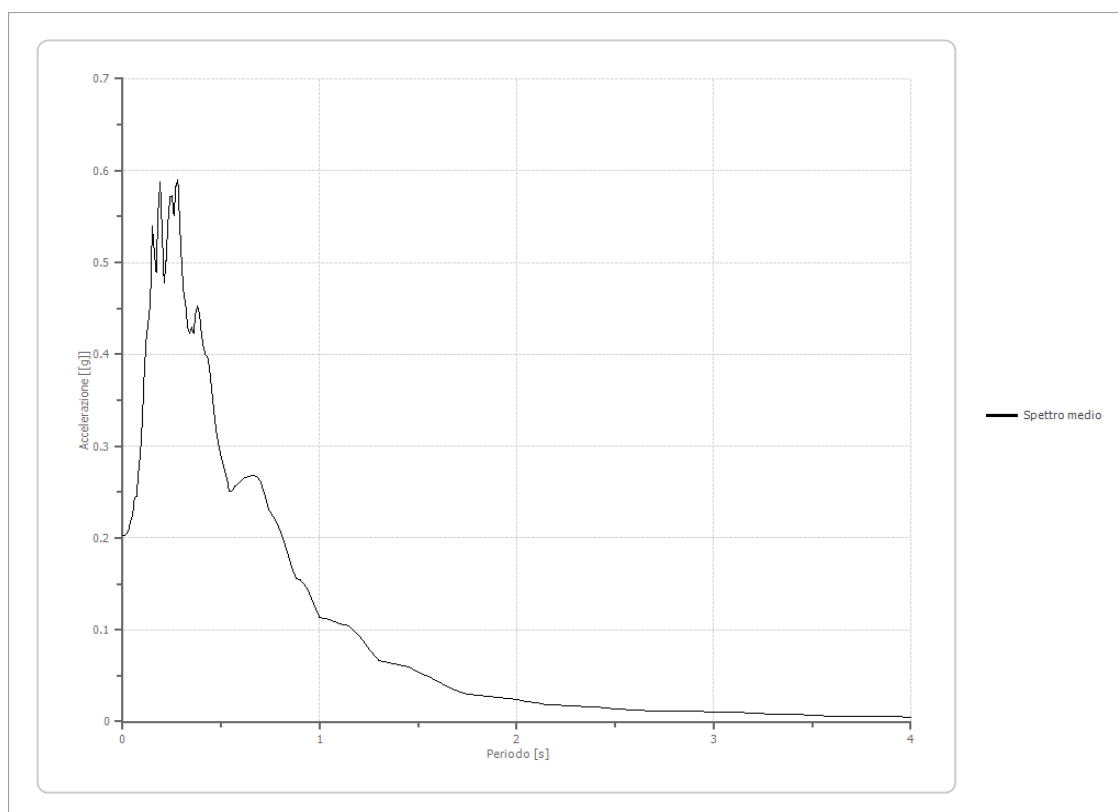
Durata della traccia	32.875 [s]
Accelerazione massima	0.117 [g]
Periodo con accelerazione massima	7.525 [s]

**Fattori di amplificazione ICMS 2018**

Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.280 [s]
Tvo	0.680 [s]
Sami	3.101 [m/s ²]
Svmi	0.165 [m/s]
Samo	4.858 [m/s ²]
Svmo	0.272 [m/s]
Fa	1.567 [-]
Fv	1.645 [-]
TB	0.117 [s]
TC	0.352 [s]
TD	2.303 [s]
SA(0)	0.176 [g]
SA(TB)	0.495 [g]

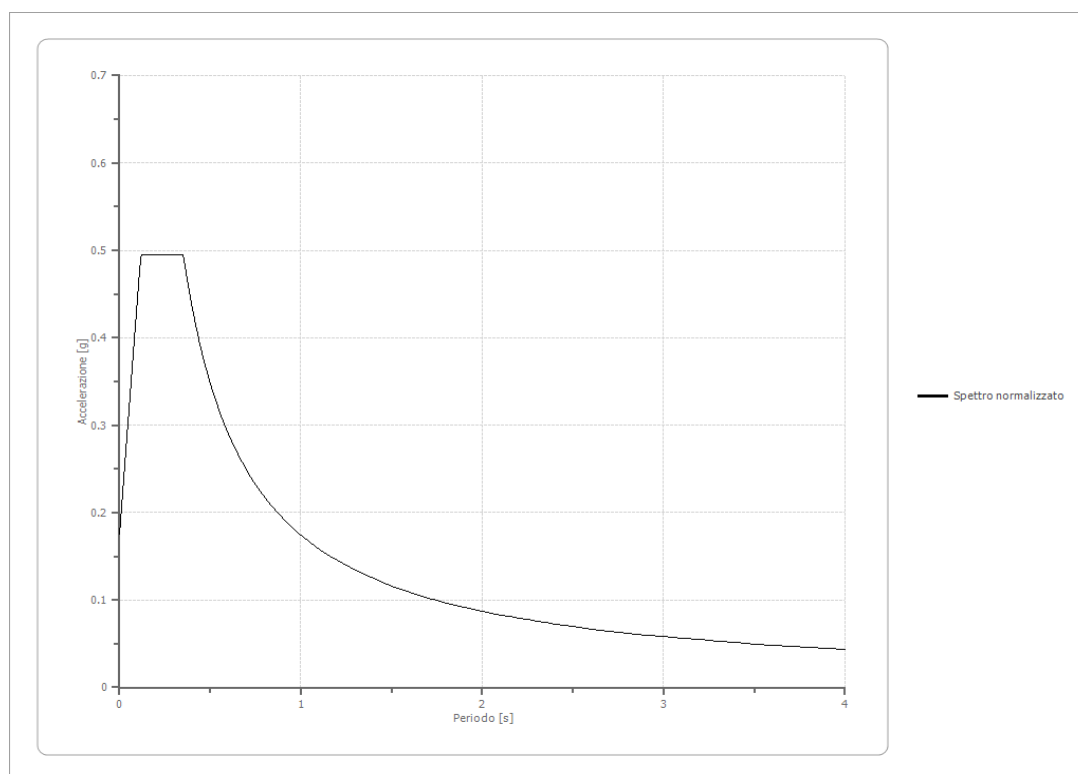
Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2030	0.26	0.5509	0.52	0.2720	0.98	0.1221	2.25	0.0172
0.01	0.2030	0.27	0.5836	0.53	0.2632	1.00	0.1132	2.30	0.0169
0.02	0.2049	0.28	0.5900	0.54	0.2507	1.05	0.1107	2.35	0.0164
0.03	0.2085	0.29	0.5405	0.55	0.2505	1.10	0.1063	2.40	0.0158
0.04	0.2192	0.30	0.4966	0.56	0.2528	1.15	0.1037	2.50	0.0143
0.05	0.2246	0.31	0.4650	0.57	0.2561	1.20	0.0935	2.60	0.0129
0.06	0.2444	0.32	0.4528	0.58	0.2578	1.25	0.0785	2.70	0.0120
0.07	0.2454	0.33	0.4280	0.60	0.2622	1.30	0.0665	2.80	0.0115
0.08	0.2718	0.34	0.4223	0.62	0.2655	1.35	0.0640	2.90	0.0111
0.09	0.2937	0.35	0.4300	0.64	0.2670	1.40	0.0624	3.00	0.0106
0.10	0.3294	0.36	0.4223	0.66	0.2682	1.45	0.0597	3.10	0.0099
0.11	0.3829	0.37	0.4444	0.68	0.2669	1.50	0.0538	3.20	0.0091
0.12	0.4185	0.38	0.4529	0.70	0.2608	1.55	0.0491	3.30	0.0084
0.13	0.4355	0.39	0.4433	0.72	0.2473	1.60	0.0438	3.40	0.0077
0.14	0.4568	0.40	0.4217	0.74	0.2316	1.65	0.0380	3.50	0.0069
0.15	0.5399	0.41	0.4083	0.76	0.2251	1.70	0.0331	3.60	0.0061
0.16	0.5120	0.42	0.3996	0.78	0.2178	1.75	0.0295	3.70	0.0059
0.17	0.4891	0.43	0.3970	0.80	0.2075	1.80	0.0281	3.80	0.0056
0.18	0.5566	0.44	0.3844	0.82	0.1950	1.85	0.0271	3.90	0.0054
0.19	0.5872	0.45	0.3648	0.84	0.1814	1.90	0.0265	4.00	0.0051
0.20	0.5339	0.46	0.3439	0.86	0.1678	1.95	0.0253		
0.21	0.4782	0.47	0.3245	0.88	0.1556	2.00	0.0238		
0.22	0.5022	0.48	0.3093	0.90	0.1542	2.05	0.0222		
0.23	0.5438	0.49	0.2980	0.92	0.1503	2.10	0.0206		
0.24	0.5712	0.50	0.2881	0.94	0.1431	2.15	0.0188		
0.25	0.5723	0.51	0.2795	0.96	0.1328	2.20	0.0179		



Spettro normalizzato di risposta elastico

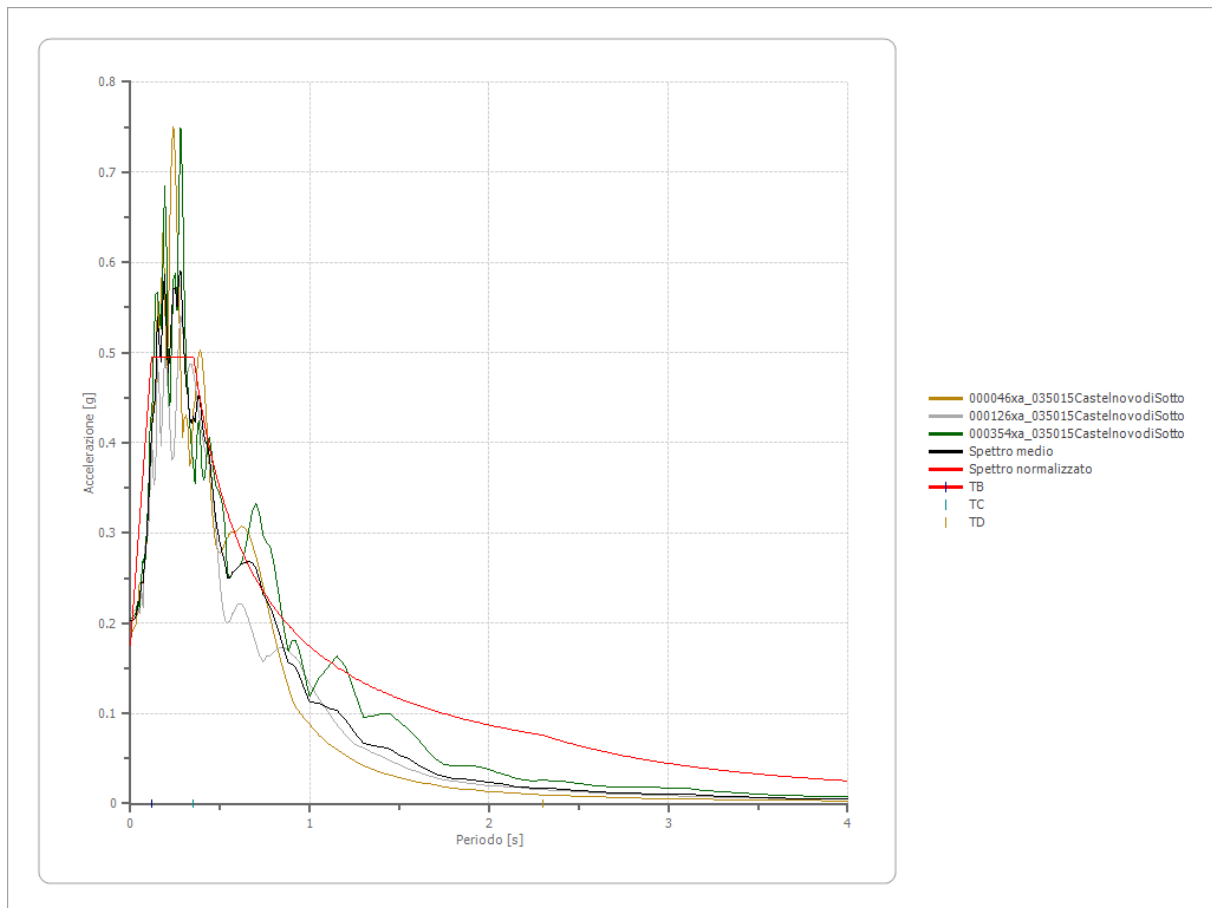
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1758	0.26	0.4952	0.52	0.3349	0.98	0.1777	2.25	0.0774
0.01	0.2030	0.27	0.4952	0.53	0.3286	1.00	0.1742	2.30	0.0757
0.02	0.2302	0.28	0.4952	0.54	0.3225	1.05	0.1659	2.35	0.0741
0.03	0.2575	0.29	0.4952	0.55	0.3166	1.10	0.1583	2.40	0.0726
0.04	0.2847	0.30	0.4952	0.56	0.3110	1.15	0.1514	2.50	0.0697
0.05	0.3120	0.31	0.4952	0.57	0.3055	1.20	0.1451	2.60	0.0670
0.06	0.3392	0.32	0.4952	0.58	0.3003	1.25	0.1393	2.70	0.0645
0.07	0.3665	0.33	0.4952	0.60	0.2903	1.30	0.1340	2.80	0.0622
0.08	0.3937	0.34	0.4952	0.62	0.2809	1.35	0.1290	2.90	0.0601
0.09	0.4210	0.35	0.4952	0.64	0.2721	1.40	0.1244	3.00	0.0581
0.10	0.4482	0.36	0.4838	0.66	0.2639	1.45	0.1201	3.10	0.0562
0.11	0.4755	0.37	0.4707	0.68	0.2561	1.50	0.1161	3.20	0.0544
0.12	0.4952	0.38	0.4583	0.70	0.2488	1.55	0.1124	3.30	0.0528
0.13	0.4952	0.39	0.4466	0.72	0.2419	1.60	0.1088	3.40	0.0512
0.14	0.4952	0.40	0.4354	0.74	0.2353	1.65	0.1055	3.50	0.0498
0.15	0.4952	0.41	0.4248	0.76	0.2292	1.70	0.1024	3.60	0.0484
0.16	0.4952	0.42	0.4147	0.78	0.2233	1.75	0.0995	3.70	0.0471
0.17	0.4952	0.43	0.4050	0.80	0.2177	1.80	0.0968	3.80	0.0458
0.18	0.4952	0.44	0.3958	0.82	0.2124	1.85	0.0941	3.90	0.0447
0.19	0.4952	0.45	0.3870	0.84	0.2073	1.90	0.0917	4.00	0.0435
0.20	0.4952	0.46	0.3786	0.86	0.2025	1.95	0.0893		
0.21	0.4952	0.47	0.3705	0.88	0.1979	2.00	0.0871		
0.22	0.4952	0.48	0.3628	0.90	0.1935	2.05	0.0850		
0.23	0.4952	0.49	0.3554	0.92	0.1893	2.10	0.0829		
0.24	0.4952	0.50	0.3483	0.94	0.1853	2.15	0.0810		
0.25	0.4952	0.51	0.3415	0.96	0.1814	2.20	0.0792		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.176	2.817479	--	0.117	0.352	2.303	0.176	0.495	1.273

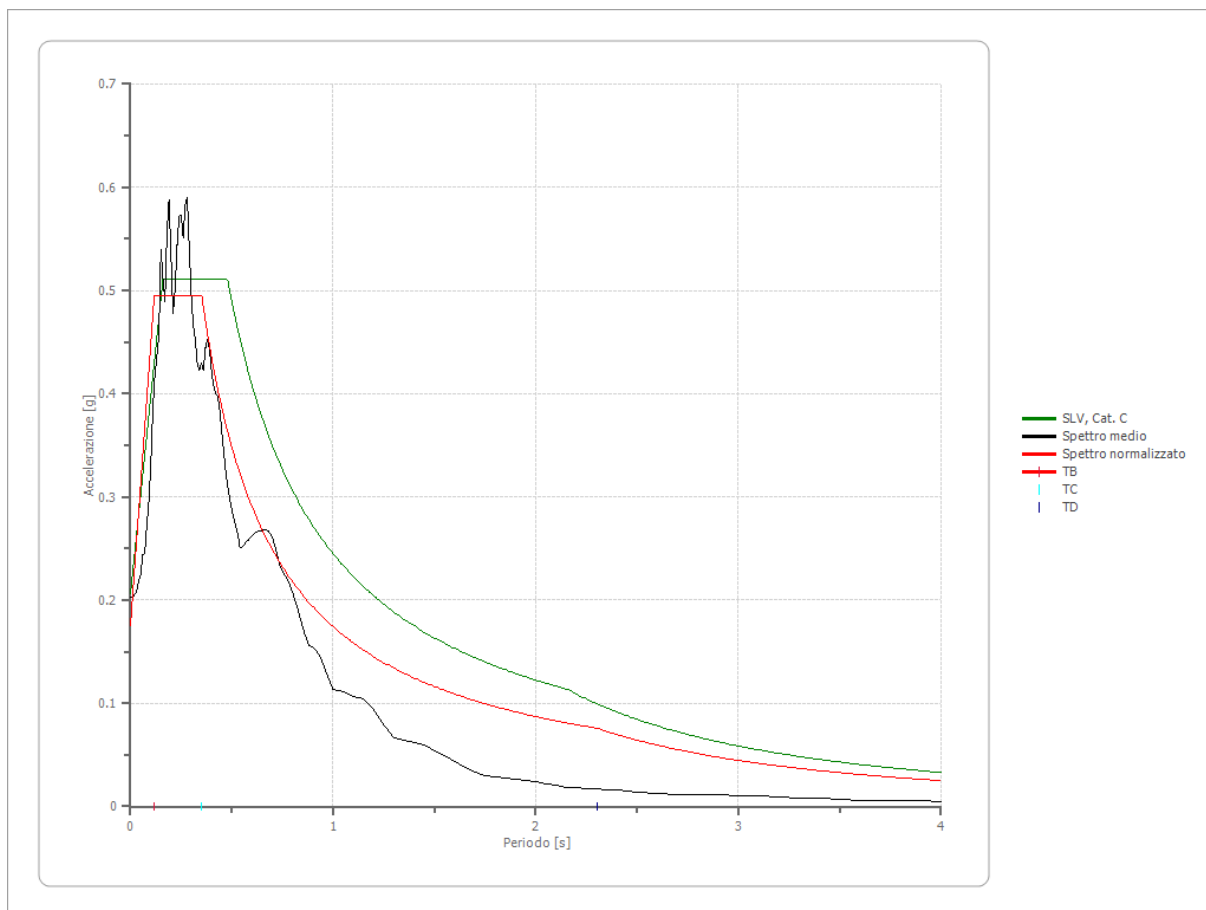
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [g]	0.048	0.058	0.138	0.178
Fo	2.532	2.551	2.477	2.466
Tc* [s]	0.256	0.274	0.31	0.315
Ss	1.50	1.50	1.49	1.44
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.65	1.61	1.55	1.54
TB [s]	0.140	0.147	0.160	0.161
TC [s]	0.421	0.441	0.479	0.484
TD [s]	1.792	1.832	2.152	2.312
Se(0) [g]	0.072	0.087	0.206	0.256
Se(TB) [g]	0.182	0.222	0.511	0.631



Profilo a max

	0.0 [m]	1.6 [m]	6.0 [m]	6.8 [m]	8.8 [m]	19.7 [m]	30.0 [m]	60.0 [m]	90.0 [m]	120.0 [m]
000046xa_035015 CastelnovodiSotto [g]	0.191	0.177	0.142	0.131	0.140	0.103	0.112	0.100	0.070	0.140
000126xa_035015 CastelnovodiSotto [g]	0.212	0.206	0.154	0.138	0.113	0.097	0.099	0.085	0.065	0.140
000354xa_035015 CastelnovodiSotto [g]	0.206	0.193	0.136	0.121	0.109	0.111	0.102	0.090	0.084	0.140
media [g]	0.203	0.192	0.144	0.130	0.121	0.104	0.104	0.091	0.073	0.140
Dev. St. [g]	0.011	0.014	0.009	0.008	0.017	0.007	0.007	0.008	0.010	0.000

