GEOSTUDIO Geologi Associati
di Merlini - Monelli - Mattioli
42035 CASTELNOVO NE' MONTI (RE) Via Franceschini n.26
Tel. / Fax **0522 - 81 19 48**
E-mail: **gstdmmm@libero.it**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Provincia di Reggio nell'Emilia
Comune di Casina (RE)

Località : Pianzo - Costa del Sabbione

OGGETTO : 1ª Variante al P.S.C. / R.U.E. – Variante 13 - Ambito **APA4**

Committente : Amministrazione Comunale di Casina

febbraio 2016

GEOSTUDIO Geologi Associati
di Merlini - Monelli - Mattioli
Sede legale: 42035 CASTELNOVO NE' MONTI (RE) Via Franceschini n.26 Tel. / Fax **0522 - 81 19 48**
E-mail: gstdmmm@libero.it

Comune di Casina (RE)

Località : Pianzo - Costa del Sabbione

Committente : Amministrazione Comunale di Casina

Oggetto : 1ª Variante al P.S.C. / R.U.E. – Variante 13 - Ambito **APA4**

STUDIO GEOLOGICO E SISMICO

febbraio 2016

Per la GEOSTUDIO
Mattioli dr. Federico

INDICE

1. Riferimenti cartografici e bibliografici ..... pag. 1
2. Premessa ..... pag. 1
3. Geologia, geomorfologia ed idrogeologia dell'area ..... pag. 2
4. Indagine geognostica ..... pag. 6
   4.1 Saggi esplorativi ..... pag. 7
   4.2 Prospezione sismica a rifrazione ..... pag. 8
   4.3 Prospezione sismica con tecnica MASW ..... pag. 9
5. Normativa sismica e microzonazione ..... pag. 9
6. Note conclusive ..... pag. 12

TAVOLE

Tavola 1a — Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e Piano Territoriale di Coordinamento (P.T.C.P.) – Carta del Dissesto Vigente (1:10.000)
Tavola 1b — Dissesti franosi rilevati nel febbraio 2016 (1:5.000)
Tavola 1c — Carta geologica e geomorfologica (1:5.000)
Tavola 2 — Ubicazione prove geognostiche (1:2.000)
Tavola 3 — Stratigrafie saggi esplorativi
Tavole 4a, …, 4c — Risultati stendimento sismico a rifrazione
Tavola 5 — Microzonazione sismica vigente

ALLEGATI

- Indagine geofisica tramite tecnica MASW

1. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI E BIBLIOGRAFICI

- Planimetria Catastale - scala 1:1.000
  Comune di Casina (RE)
  Foglio n.13 Mappali n.79 (parte; terreno)-129-130-131-132-133-134-135 (fabbricati)
- Carta Tecnica Regionale C.T.R. - scala 1:5.000
  Elemento n. 218 064 Pianzo
- Carta geologica d'Italia - scala 1:100.000
  Foglio n. 86 Modena
- Carta geologica della Regione Emilia-Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli - cartografia interattiva - scala 1:10.000 – Sezione n. 218 060 Leguigno
- Carta del dissesto del PTCP 2010 della Provincia di Reggio Emilia - parte integrante del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (PAI) - scala 1:10.000 – Sezione n. 218 060 Leguigno
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Reggio nell'Emilia, approvato con Delibera n.124 del 17 giugno 2010
- Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) e Regolamento Urbanistico Edilizio (R.U.E.) del Comune di Casina (RE), approvati rispettivamente con Deliberazione del Consiglio Comunale n.33 del 28 marzo 2011 e n.36 del 28 agosto 2013

2. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Casina (RE), è stata eseguita un'indagine geologica e sismica su di un'area situata in località Costa del Sabbione (Pianzo) nel Comune di Casina (RE), la cui precisa ubicazione è visibile nelle Tavole in allegato. Detta area è inserita nella 1ª Variante al P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina ed è indentificata come Variante 13 - Ambito APA4. Tale variante urbanistica prevede la modifica della scheda d'ambito vigente allo scopo di consentire il parziale recupero delle strutture edilizie esistenti (capannoni di allevamento suinicolo in stato di abbandono), ad usi compatibili con il territorio rurale, in luogo della completa delocalizzazione nell'ambito DR1; ciò a fronte di una riduzione dell'ambito APA4 stesso ed alla ridefinizione del suo perimetro in base anche ai dissesti franosi presenti nell'area, come richiesto dalla Provincia di Reggio Emilia. L'area in variante ha un'estensione totale di circa 14.000 mq.

Scopo del presente studio è la determinazione dell'idoneità geologica e sismica del sito ad ospitare la variante ed il carico urbanistico prospettato, ai sensi della L.R. 20/2000 (e succ. mod. ed int.), della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007, così come modificata dalla Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015, del D.M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni), nonché in ottemperanza a quanto

previsto nel P.S.C. di Casina (RE) e nel al P.T.C.P. della Provincia di Reggio nell'Emilia. In particolare, oltre alla caratterizzazione geologica e sismica generale dell'area, lo studio è stato volto principalmente alla verifica ed al rilievo dei corpi franosi che delimitano l'ambito (APA4), allo scopo di una più attenta e congrua delimitazione dell'ambito stesso in relazione allo sviluppo ed espansione che hanno avuto questi dissesti negli ultimi anni.

Il sito in esame non è perimetrato all'interno di zone a rischio idrogeologico nella Carta del Dissesto vigente del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, parte integrante del Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (P.A.I.). A tal proposito si veda l'estratto della Carta del Dissesto in Tavola 1a.

Va inoltre menzionato che negli elaborati della microzonazione sismica del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina, in scala 1.5.000 (vedi Tavola 5), l'area in variante qui indagata è campita per la totalità con colore azzurro puntinato nero (numero 6) a cui è sovrapposto il retinato quadrato blu (numero 11). Infatti, l'area è potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologico-topografiche e per intensa fratturazione, assoggettata sia al secondo che al terzo livello di approfondimento sismico in base alla citata Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007, così come modificata dalla Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015.

L'indagine è consistita nella raccolta di informazioni geologico-idrologiche di carattere generale sull'area (da indagini effettuate in zona dal sottoscritto o da altri tecnici, dagli elaborati del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina, dal P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia e dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli), nel dettagliato rilievo delle condizioni geologiche, geomorfologiche e dei dissesti presenti in zona e nell'attenta osservazione dei lineamenti idrologici ed idrogeologici locali. Si è inoltre predisposta una campagna d'indagini consistente nell'esecuzione di cinque saggi esplorativi e due prospezioni sismiche, una a rifrazione e l'altra con tecnica MASW. I risultati dell'indagine testé descritta sono riportati nella presente relazione; essi sono interpretati e commentati nel testo della stessa.

3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA

L'ambito APA4 è posto in località Costa del Sabbione (zona Pianzo) tra le quote di 495 m e 540 m sul livello del mare, lungo un versante esposto a Sud che presenta pendenze medie di circa 12°-13° e pendenze locali (nel comparto) variabili da di 13° a 17°. Esso è situato "a cavallo" di una locale linea displuviale che ha andamento circa Nord-Sud.

Secondo la carta geologica della Regione Emilia-Romagna (vedi Tavola 1c), l'ambito in oggetto ricade quasi completamente su due formazioni, le *brecce argillose della Val Tiepido-Canossa* **MVT** a monte (Nord) e le *marne di Antognola* **ANT** a valle (Sud). Solo un piccolissimo lembo a Sud-Ovest del comparto ricade sulla *litofacies arenaceo-conglomeratica* del *membro di Val Pessola* della *Formazione di Ranzano*

RAN2a. Nell'ambito più vasto della tettonica regionale, tutte e tre queste formazioni fanno parte della *"successione epiligure"*; questa è costituita da sedimenti marini depositatisi nell'era terziaria su substrato in movimento, formato dalle *unità liguri* in sovrascorrimento sulla *serie toscana*, mediante il meccanismo delle correnti di torbida. Si tratta di una successione prevalentemente marnoso-arenacea torbiditica, semialloctona a differenza della serie toscana autoctona (arenarie torbiditiche dell'alto appennino che costituiscono il crinale appenninico) o completamente alloctona come le unità liguri (ofioliti, flysch cretacei, "argille scagliose" mesozoiche). Le *marne di Antognola* **ANT** (Oligocene Inferiore – Miocene inferiore) sono costituite da marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere a stratificazione difficilmente percepibile, mentre le *brecce argillose della Val Tiepido-Canossa* **MVT**, (Oligocene superiore – Miocene inferiore) conosciute in zona come *olistostroma di Canossa* e facenti parte del complesso più generale delle "argille scagliose" terziarie, sono costituite da materiali caotici prevalentemente argillosi di provenienza *liguride* franate nell'Oligocene superiore all'interno della *successione epiligure* in via di formazione: sono costituite infatti da brecce a matrice argillosa grigia, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri, e sporadiche ofioliti. Queste due formazioni sono coeve, in eteropia tra loro ed interdigitate (MVT interdigitata ad ANT). La *Formazione di Ranzano* **RAN2a** (Eocene superiore – Oligocene inferiore) è costituita da conglomerati e areniti litiche, grigio scuri e verdastri, in banchi e strati torbiditici spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, intercalati da peliti grigio scure e verdastre e livelli caotici da slump. Completano il quadro geologico della zona, estesi corpi detritici franosi per *colamento lento* o per *scivolamento* attualmente *attivi* (**a1**) e più raramente *quiescenti* (**a2**), formatisi prevalentemente lungo gli impluvi presenti nel versante, su tutte e tre le formazioni.

Rispetto al quadro geologico così delineato, occorre precisare alcune evidenze riscontrate durante l'esecuzione dei saggi esplorativi che mettono in dubbio non tanto l'assetto generale dell'area, ma i confini delle formazioni all'interno del ambito. Infatti, in tutti i saggi effettuati nel comparto (vedi Capitolo successivo e Tavola 3), non sono stati rilevati terreni attribuibili alle *brecce argillose della Val Tiepido-Canossa* **MVT**, in affioramento (e perciò ben visibili e riconoscibili) a monte dell'area, lungo la strada comunale Casina Trinità (vedi foto 1). Questi sono costituiti da materiali argillosi grigi con inclusi litoidi calcareo-marnoso bianco-grigi compatti e duri (foto 2), mentre lungo i saggi esplorativi (vedi Tavola 3), sia quelli effettuati su **ANT** (saggi S2 e S3) che quelli effettuati nella zona in cui si dovevano trovare i terreni appartenenti a **MVT** (saggi S4 e S5), si è dapprima rilevata una copertura limoso, limoso-sabbiosa o limoso-argillosa di colore bruno più o meno chiaro con inclusi siltoso-marnosi per un paio di metri, seguita da un ammasso sempre siltoso-marnoso fratturato facilmente sfaldabile di colore grigio-bruno (foto 3). Tali evidenze farebbero pensare alla presenza della formazione di Antognola (ANT) in tutta l'area del comparto e non solo nella parte a valle. Anche il toponimo del sito "Costa del Sabbione" rimanda più a terreni limoso-sabbiosi che a quelli prettamente argillosi di MVT. Solo nel saggio S1, fatto nello spigolo Sud-occidentale dell'ambito, al confine con la formazione di Ranzano, la presenza di

materiale arenaceo poco cementato, confermerebbe invece la correttezza del limite tra le due formazioni (Antognola e Ranzano) presente nella carta geologica della regione Emilia-Romagna. Per le finalità di questo studio (variante urbanistica) tale eventuale difformità formazionale non cambia sostanzialmente le considerazioni e valutazioni sulla fattibilità geologica e sismica dell'ambito.

Foto 1

Foto 2

Foto 3

La dinamica geomorfologica locale è deducibile con facilità alla sola osservazione dell'aspetto locale del territorio. Le forme locali del paesaggio sono state determinate nel tempo principalmente da forze esogene (agenti atmosferici) ed in subordine da lineamenti tettonici (faglie). La maggior parte delle litologie qui presenti risente infatti, sia da un punto di vista chimico che da un punto di vista fisico, dell'azione disgregatrice dell'acqua. In quest'ottica sono da interpretarsi i cambi di pendenza dei versanti e le locali creste, displuvi o cocuzzoli, indicatori del passaggio da settori dotati di substrato sub-affiorante e/o a litologia più resistente all'alterazione meteorica a settori con substrato più in profondità (ricoperti da materiali detritici) o più fragile.

Esaminando la situazione più in dettaglio, occorre segnalare che l'ambito APA4 è inserito in un contesto geomorfologico estremamente delicato, caratterizzato da un diffuso dissesto idrogeologico di natura franosa, come evidenza la Carta del Dissesto vigente del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio Nell'Emilia, parte integrante del Piano d'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (vedi Tavola 1a). Tutto il versante in cui è inserito l'ambito in oggetto è interessato da movimenti franosi attivi (per colamento lento o scivolamenti). Per quanto si è potuto constatare durante le operazioni di rilievo questi dissesti, per la loro natura e conformazione, interessano prevalentemente i terreni di copertura, per uno spessore di pochi metri. Essi sono concentrati prevalentemente nelle aree impluviali, dove si raccolgono le acque ed i materiali fini provenienti dall'alterazione meteorica.

Il comparto in esame è posto in zona displuviale, per cui in posizione relativamente più stabile. Esso è però contornato da due movimenti franosi, il maggiore è situato nell'impluvio ad Est con una propaggine che lambisce il comparto a Sud, il secondo (più piccolo) confinato nell'impluvio ad occidente. Mentre per quest'ultimo è da segnalare solo un suo recente sviluppo lungo una nicchia secondaria a Nord-Ovest del comparto, che non interessa il comparto stesso, per il più imponente corpo franoso ad Est (e per la sua propaggine a Sud) occorre segnalarne l'estensione dei dissesti che hanno coinvolto in parte anche il comparto in oggetto. In Tavola 1b, "dissesti franosi rilevati nel febbraio 2016" (in scala 1:5.000), sono stati cartografati tutti i nuovi i fenomeni franosi rilevati intorno al comparto, utilizzando come base la Carta del Dissesto vigente del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio Nell'Emilia. Come si può notare facilmente, si è avuto un notevole ampliamento della nicchia di distacco del movimento franoso ad Est, che ha coinvolto lo spigolo Nord-Orientale del comparto ed un capannone ivi presente (per una fascia di circa 7 m). In questo settore, per valutare gli spessori del corpo franoso, è stata effettuata una prospezione sismica a rifrazione i cui risultati sono commentati al Capitolo 4.2. Anche il movimento franoso a Sud, propaggine di quello orientale, si è sviluppato in questi ultimi anni: si è ampliato soprattutto l'areale in dissesto, coinvolgendo solo in minima parte i terreni più a monte; ciò è imputabile alla presenza di strutture (ex-stalla e capannoni suinicoli) che ne hanno limitato un suo sviluppo longitudinale. Infine, sono stati rilevati due piccolissimi dissesti lungo la strada di accesso al comparto.

La parte centrale ed occidentale dell'ambito, in cui è concentrata la maggior parte delle strutture da recuperare, ricade in modo più stringente lungo la dorsale displuviale ed è pertanto la zona con il grado di stabilità maggiore (nonché quella a distanza

maggiore dalle aree in dissesto). Ciò è avvalorato sia dall'assenza di fenomeni franosi al suo interno che dalla natura dei terreni del sottosuolo e dall'assenza di falda idrica o di significative venute d'acqua nei primi metri (vedi a tal proposito l'indagine geognostica nel Capitolo successivo). Nonostante questi elementi positivi riscontrati, occorre comunque ribadire che l'ambio APA4 è inserito in un contesto estremamente fragile, che senza un adeguato e costante presidio dell'uomo e lasciato in modo naturale al suo destino, tenderà in breve tempo a degradarsi. Occorre pertanto mantenere nel tempo e potenziare le opere di presidio e salvaguardia dell'area, in modo particolare la rete di scolo delle acque superficiali presente sia all'interno del comparto che nelle sue aree circostanti. Si è potuto costatare la buona manutenzione della rete di scolo esistente, sia lungo la viabilità interna che nella zona Nord-Orientale esterna al comparto, anche se i vari tratti di cui è composta non sono sempre correttamente interconnessi; si è altresì notato l'assenza di questa in altre aree, come quella critica a Sud. In attesa della riqualificazione dell'area, si consiglia un intervento di razionalizzazione ed estensione della rete di scolo delle acque superficiali, a presidio del comparto e delle strutture in esso presenti.

Alla luce delle evidenze qui riportate si dovrà pertanto rivedere la perimetrazione dell'ambito in oggetto, riducendolo nella parte Nord-orientale ed in minima parte nella fascia meridionale, mentre nella parte occidentale, dove piccole porzioni delle strutture esistenti (capannoni) erano rimaste fuori comparto, si potrà (dal punto di vista prettamente geologico) ampliare il perimetro per ricomprenderle interamente.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Per raccogliere informazioni sulle caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo del comparto in oggetto, si sono utilizzati dapprima i risultati di varie indagini geognostiche e sismiche effettuate in zona dallo scrivente o da altri tecnici ed i dati del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina, del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia e della banca dati della Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (penetrometrie, stratigrafie pozzi, MASW e Re.Mi., ecc.); sulla base delle informazioni così raccolte, nel mese di febbraio 2016, si è predisposta una campagna d'indagine consistente nell'esecuzione di cinque saggi esplorativi e due prospezioni geofisiche tramite indagine sismica a rifrazione e con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Wawes - Analisi Multicanale di Onde Sismiche di Superficie). Per l'esecuzione dei saggi si è utilizzato un escavatore meccanico fornito dal Comune di Casina, mentre le prospezioni sismiche (a rifrazione e MASW) sono state eseguite con strumentazione JEA 24 bit a 12 canali (geofoni da 4,5 Hz) della Dolang di Genova. L'indagine geognostica così effettuata ha permesso di valutare le caratteristiche stratigrafiche, litomeccaniche e sismiche generali dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in oggetto.

L'ubicazione dei saggi esplorativi e delle prospezioni sismiche sono indicate alla Tavola 2. Le stratigrafie ottenute dai saggi esplorativi sono riportati alla Tavola 3. I risultati della sismica a rifrazione sono riportati alle Tavola 4a, …, 4c, mentre quelli sismici con tecnica MASW sono riportati in allegato a fine relazione.

4.1 SAGGI ESPLORATIVI

I saggi esplorativi hanno avuto la finalità primaria di ottenere una visione diretta della stratigrafia del sottosuolo dell'area e, mediante la raccolta di campioni, una caratterizzazione geomeccanica di massima dei terreni. Infatti, sono state eseguite sui campioni prelevati, ove possibile (nel livelli coesivi), le determinazioni di prassi della *resistenza alla compressione semplice* $\mathbf{q_u}$ mediante penetrometro tascabile (pocket penetrometrer), da cui si può ottenere la *coesione non drenata* $\mathbf{c_u}$ tramite la semplice relazione $\mathbf{c_u} = \mathbf{q_u} / 2$..

La stratigrafia dei terreni desunta dai saggi esplorativi è riportata alla Tavola 3, cui si deve far riferimento per ogni dettaglio. In sintesi essa è comunque data dalla successione di diversi livelli, che, partendo dalla superficie (p.c.) ed andando in profondità, sono:

- *terreno agrario e/o riporto grossolano (ghiaia)* – è presente per uno spessore di circa 30-100 cm;

- *terreni limosi, limoso-argillosi e/o limoso-sabbiosi* – sono presenti fino alla profondità di 2,0-3,0 m dal p.c.; solo nel saggio S1, effettuato alla base di un locale sbancamento, sono presenti fino alla profondità di circa 1,0 m dal p.c.; sono costituiti da un'alternanza di limi, limi argillosi e/o limi sabbiosi asciutti, duri, più o meno compatti e sfaldabili, di colore dal bruno al nocciolo e sfumature grigie e marroni, con inclusi litoidi a spigoli vivi (siltiti marnose), con patine di ossidazione giallo-ocra, resti organici e calcinelli; le misurazioni della *resistenza alla compressione semplice* $\mathbf{q_u}$, effettuate con penetrometro tascabile (pocket penetrometer) sui campioni prelevati, hanno restituito valori compresi tra 2,5 Kg/cm^2 e 4,0 Kg/cm^2; a parere dello scrivente possono essere ascrivibili alla coltre d'alterazione della sottostante formazione litoide;

- *siltiti marnose* – si sono rinvenute in tutti i saggi dalla profondità di 2,0-3,0 m dal p.c.; solo nel saggio S1 sono state rilevate insieme a litotipi arenacei poco cementate (dalla profondità di circa 1,0 m dal p.c.); sono di colore grigio-bruno, molto fratturate e facilmente sfaldabili; a parere dello scrivente, come già detto al Capitolo 2, possono essere ascrivibili al substrato della formazione di Antognola (nei saggi S4 e S5, secondo la carta geologica, dovevano emergere terreni argillosi con inclusi calcareo-marnosi bianchi appartenenti alle brecce argillose della Val Tiepido-Canossa; le arenarie rilevate nel saggio S1, invece, sono ascrivibili al substrato della formazione di Ranzano, come da carta geologica);

- Solo lungo il saggio S1 è stata riscontrata una venute d'acqua al contatto tra terreni di copertura ed il substrato.

4.2 PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

È stata eseguita una prospezione sismica a rifrazione (Rifra-1 in Tavola 2) nel settore Nord-orientale del comparto in oggetto. Sono state effettuate 7 battute (2 offset shots, 2 end shots e 3 shots centrali) lungo una stesa della lunghezza di circa 46 metri. La conseguente profondità d'investigazione più significativa e dettagliata è di circa 10-15 metri. Lo scopo principale del sondaggio sismico a rifrazione, tramite la misura della *velocità delle onde di compressione longitudinali* $\mathbf{V_p}$, è stato quello di determinare la stratigrafia del sottosuolo e di confermare la presenza di un corpo franoso rilevato nella parte Nord-orientale del comparto, nonché stimarne lo spessore; inoltre, insieme ai risultati della sismica con tecnica MASW, il sondaggio sismico a rifrazione è stato utilizzato per definire la pericolosità sismica locale (microzonazione sismica), classificare i terreni di fondazione e valutare gli eventuali effetti locali (amplificazione stratigrafica), così come previsto dalla normativa sismica nazionale (D.M. 14/01/2008) e da quella regionale (D.A.L. 112/2007, così come modificata dalla D.G.R. 2193/2015). L'indagine è stata effettuata tramite sismografo 24 canali gestito da computer, avente le seguenti caratteristiche:

- N° 24 canali a registrazione separata.
- N° campionamenti per canale da circa 30 Hz a 4000 Hz.
- Trattamento segnale 24 bit
- Registrazione separata dei canali su computer .

È stato utilizzato il programma d'elaborazione Winsism 10 della GeoSoft.

L'indagine sismica a rifrazione consente di determinare la stratigrafia del sottosuolo, la potenza e la geometria degli strati, le caratteristiche geomeccaniche dei terreni tramite la correlazione fra i tempi di arrivo e distanza sorgente sismica - geofoni.

L'analisi delle distribuzioni delle velocità $\mathbf{V_p}$ nel sottosuolo (velocità onde prime di compressione) per gli strati esistenti, consente di costruire le sezioni geofisiche riportate in allegato, e di associare i parametri geomeccanici ai terreni individuati, mediante relazioni che correlano la risposta elastica e la risposta meccanica dei medesimi. Inoltre la velocità di propagazione $\mathbf{V_p}$ dipende dalle caratteristiche meccaniche del terreno attraversato, in particolare dai moduli elastici di Young, Poisson, di incompressibilità, di rigidità ed infine dalla densità dei terreni.

Per lo stesso tipo di roccia la velocità diminuisce all'aumentare del grado di alterazione, di fessurazione, di porosità, di fratturazione ed aumenta in genere con la profondità, nei terreni sciolti la velocità è più elevata sotto il livello freatico e nei terreni alluvionali saturi. La sismica a rifrazione fornisce modelli litostratigrafici la cui precisione è strettamente dipendente dalle seguenti condizioni:

1. stratigrafia semplice costituita da pochi rifrattori, caratterizzati da velocità costanti e differenziate da strato a strato;
2. inclinazione degli strati non eccessive, questo limite può essere superato dalla recente elaborazione GRM (Metodo Reciproco Generalizzato);
3. assenza di strati intermedi a velocità minori degli strati soprastanti, questa situazione è rilevata da disturbi e/o discontinuità nelle dromocrone - può essere superato dalla recente elaborazione GRM (Metodo Reciproco Generalizzato);
4. strati "ciechi" ovvero strati intermedi aventi uno spessore ridottissimo.

Il profilo sismica elaborato (vedi Tavole 4b e 4c), riporta la presenza di tre orizzonti sismici:

- il primo è evidenziato da una velocità $\mathbf{V_p}$ < 400 m/sec (mediamente di circa 150-250 m/sec); esso ha spessori variabili da circa 1,0 m (settore occidentale) a circa 3,0 m (settore orientale); è riferibile ai terreni superficiali (terreno agrario e

sottostante livello fortemente alterato) e ai terreni in frana (settore orientale);

- il secondo orizzonte sismico (sottostante al primo) è evidenziato da incremento della velocità $\mathbf{V_p}$, che passa a valori compresi tra 400 m/sec e 800 m/sec (mediamente di circa 600 m/sec); esso ha spessore di 1,5-2,0 m ed è riferibile ai terreni appartenenti alla coltre d'alterazione in posto;
- il terzo e quarto orizzonte sismico, complessivamente di pochi decimetri di spessore, sono caratterizzati da valori di $\mathbf{V_p}$ che crescono rapidamente con la profondità, da 800 m/sec a 1.600 m/sec; sono riferibili ai primi terreni alterati del substrato.
- il quinto orizzonte sismico, è caratterizzato da valori di $\mathbf{V_p}$ compresi tra 1.600 e 2.000 m/sec (con valori medi intorno a 1.700 m/sec) e costituisce il substrato inalterato (marne di Antognola e/o brecce argillose della Val Tiepido-Canossa), che in zona ha di certo uno spessore di alcune decine di metri; esso è presente dalla profondità di 2,0-3,0 m (zona occidentale) a 4,0-5,0 m (zona orientale).

4.3 PROSPEZIONE SISMICA CON TECNICA MASW

È stato eseguito una prospezione sismica con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Wawes - Analisi Multicanale di Onde Sismiche di Superficie) nell'area in oggetto (vedi sigla MASW in Tavola 2). Lo scopo del sondaggio sismico effettuato è stato quello di valutare la risposta sismica locale ed effettuare la microzonazione sismica dell'area in variante sulla base della *velocità di propagazione delle onde di taglio* $\mathbf{V_s}$ nel sottosuolo, così come prevede il Cap. 4 della D.A.L. 112/2007, così come modificata dalla D.G.R. 2193/2015. Inoltre, la prospezione sismica (MASW) è stata utilizzata per determinare la *velocità media di propagazione delle* onde di taglio *nei primi 30 m di profondità* $\mathbf{V_{s30}}$, da cui si ricava la *categoria di sottosuolo* (A, B, C, D, …), così come prevede il Cap. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008.

Le caratteristiche della strumentazione utilizzata, il settaggio impostato ed i risultati ottenuti, sono riportati nello specifico allegato in fondo alla presente relazione. Per le elaborazioni dei dati è stato utilizzato il programma Easy Masw della Geostru.

5. NORMATIVA SISMICA E MICROZONAZIONE

Il Comune di Casina (RE), nella normativa sismica, è classificato in **Zona 3** (vedi Ordinanza del P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e succ. mod. ed int.) con un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (PGA) pari a **0,158 g**, ottenuto interpolando i punti della griglia con passo 0,05 gradi fornito dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (vedi allegato A4 della Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015).

Secondo la *carta di microzonazione sismica* allegata al P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina – indagine integrativa del 2011 (vedi in Tavola 5 l'estratto dell'elaborato P12

- Tavola Ovest), l'area in variante qui indagata è campita per la totalità con colore azzurro puntinato di nero (numero 6) a cui è sovrapposta il retinato quadrato blu (numero 11). Per tali motivi, l'area è potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologico, topografico e per intensa fratturazione, assoggetta sia al secondo che al terzo livello di approfondimento sismico in base alla citata Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007, così come modificata dalla Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015. Sulla base dei risultati dell'indagine effettuata, di seguito verrà approntato il secondo livello di approfondimento sismico, aggiornando quello indicato nella scheda d'ambito APA4 in vigore nel P.S.C. (*analisi di fattibilità geologica – azione sismica*), mentre per il terzo livello di approfondimento sismico si rimanda alla fase del Piano Operativo Comunale P.O.C. o ad una microzonazione più dettagliata ed approfondita del territorio comunale.

La prospezione sismica con metodologia MASW effettuata nella parte a monte del comparto, ha assegnato al substrato (marne di Antognola secondo il sottoscritto o brecce argillose della Val Tiepido-Canossa secondo la carta geologica dell'Emilia Romagna) valori di *velocità di propagazione delle onde di taglio* $\mathbf{V_s}$ inferiori a 800 m/sec fino a ad oltre 30 m di profondità dal piano campagna (vedi risultati MASW in allegato e paragrafi successivi). Utilizzando invece i dati della sismica a rifrazione effettuata a poche decine di metri, si otterrebbe una situazione meno cautelativa. Per l'analisi di pericolosità sismica dell'area in oggetto si utilizzeranno i dati MASW più cautelativi che, tra l'altro, sono anche i più affidabili in quanto i valori di V_s vengono ricavati direttamente. Di seguito vengono quindi attribuiti all'appezzamento in variante, considerato omogeneo da questo punto di vista (anche in base hai risultati dell'indagine geognostica) e pertanto con un'unica zona di pericolosità sismica locale, i coefficienti di amplificazione sismica calcolati seguendo le direttive contenute nella nuova Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 (che sostituisce in questa parte il D.A.L. n.112/2007).

Considerando uno spessore dei terreni di copertura pari a 3-4 m ed un valore della *velocità di propagazione delle onde di taglio nei terreni di copertura* $\mathbf{V_{sH}} \cong 130$ m/sec (vedi profilo delle velocità ottenuto dalla MASW nell'allegato a fine relazione), i Fattori di Amplificazione (F.A.) desunti dalle Tabelle dell'allegato A2.1 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015 per l'ambito APPENNINO (allegato A.2.1.1) con substrato marino caratterizzato da $\mathbf{V_s} << 800$ m/s in cui ricade l'area in oggetto, sono:

F.A. **P.G.A.** = **2,3** ($\mathbf{V_{SH}} \cong 130$ m/s con H ≅ 3-4 m - nei primi 3-4 m del sottosuolo)
F.A. INTENSITA' SPETTRALE **SI1** - 0,1s < T_0 < 0,5s = **2,1**
F.A. INTENSITA' SPETTRALE **SI2** - 0,5s < T_0 < 1,0s = **1,4**

Tali fattori di amplificazione sono leggermente superiori (e pertanto più restrittivi) all'intervallo di valori forniti dal Dott. Geol. Gian Pietro Mazzetti per l'ambito APA4 nello studio di microzonazione sismica del P.S.C. di Casina.

Avendo l'intero versante su cui ricade l'area in oggetto un'inclinazione media inferiore a 15°, anche se la porzione di versante su cui ricade l'area in oggetto ha una pendenza variabile da 13° a 17° (vedi Capitolo 3 e cartografia allegata con curve di livello), a parere dello scrivente gli effetti topografici possono essere trascurati (vedi allegato A2.2 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015). Nella scheda d'ambito APA4 del P.S.C. sono stati invece considerati, adottando un *fattore di amplificazione topografico* $\mathbf{S_t}$ pari a 1,2.

I Fattori di Amplificazione (F.A.) così ottenuti rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con l'accelerazione di picco orizzontale (PGA) e l'intensità spettrale SI, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A (così come definita nella Tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni).

Va detto che questi fattori d'amplificazione, in mancanza di una valutazione di risposta sismica locale mediante specifica analisi approfondita, hanno scarso significato nelle fasi successive attuative di edificazione dell'area. Essi sono prettamente indirizzati alla pianificazione urbanistica, anche se per ambiti aventi modeste estensioni e condizioni relativamente omogenee come quello in oggetto (pertanto con la stessa pericolosità sismica locale in ogni punto), estrapolati dal contesto generale dell'intorno del territorio, viene in qualche modo a mancar loro la funzione prioritaria (pur mantenendo comunque il ruolo di indicatori di situazioni più o meno "stabili" ai fini sismici). Di certo si può affermare che, in qualunque modo si vogliano elaborare i dati acquisiti nella presente campagna, i valori d'amplificazione previsti sono tra quelli medi del Comune di Casina e che non siamo di fronte ad un sito passibile di eccezionale amplificazione sismica. Per il progetto esecutivo del comparto, infatti, è preferibile far riferimento ai valori d'amplificazione calcolati secondo la normativa sismica discendente dal D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). Si è pertanto determinata la *velocità media di propagazione delle* onde di taglio *nei primi 30 m di profondità* ($\mathbf{V_{s30}}$), da cui si ricava la *categoria di sottosuolo* (A, B, C, D, E, S1 o S2), così come prevede il Cap. 3.2.2 del D.M. 14/01/2008. Infatti, tale norma prevede che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza di specifiche analisi per valutare l'effetto della risposta sismica locale, occorre che il sottosuolo esaminato sia assimilato ad una delle sette categorie di sottosuolo di riferimento in essa definite, in base alle sue proprietà geofisiche o geomeccaniche. In particolare, detta classificazione del suolo deve essere effettuata sulla scorta dei valori di $\mathbf{V_{s30}}$, ovvero dei valori di *resistenza penetrometrica* $\mathbf{N_{spt}}$ o dei valori di *coesione non drenata* $\mathbf{c_u}$ dei terreni di fondazione.

Dai risultati della prospezione sismica (MASW) effettuata nell'area, la *velocità media di propagazione delle* onde di taglio *nei primi 30 m di profondità* ($\mathbf{V_{s30}}$) è risultata pari a circa **375 m/s** (per i risultati dell'indagine sismica si veda l'allegato a fine relazione)[1]. La stratigrafia del sito è costituita da una copertura dello spessore di 3-4 m (terreno

[1] Il valore di $\mathbf{V_{s30}}$ è stato determinato alla quota del piano campagna (quindi cautelativo in quanto il D.M. 14/01/2008 prevede il calcolo della $\mathbf{V_{s30}}$ al piano di posa delle fondazioni di tipo superficiali, come qui esistenti ed adottabili). Nel calcolo del valore di $\mathbf{V_{s30}}$ si è considerata l'elaborazione che restituisce valori medi, in modo da compensare eventuali sovrastime o sottostime dovute a possibili errori strumentali e di elaborazione (che generalmente possono ammontare a circa ± 20% del valore reale di V_{s30}).

agrario, riporto e coltre d'alterazione) con valori di propagazione delle onde di taglio $\mathbf{V_s}$ dell'ordine di 100-200 m/sec, seguita dal substrato roccioso (siltiti marnose) per alcune decine di metri con valori iniziali di propagazione delle onde di taglio $\mathbf{V_s}$ dell'ordine di 350-400 m/sec (fino alla profondità di circa 7 m dal piano campagna; ascrivibile al substrato alterato e/o fratturato), passanti a valori dell'ordine di 600 m/sec (substrato inalterato) fin oltre la profondità di 30 m dal piano campagna. Visto che i terreni del sottosuolo sono caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, non presentano significativi orizzonti sabbiosi o sabbioso-limosi saturi e poco addensati nei primi 10-20 m di profondità suscettibili di liquefazione ed inoltre, nei primi 30 m (escludendo i primi 2-4 m), presentano valori di propagazione delle onde di taglio 360 m/sec < $\mathbf{V_s}$ < 800 m/sec (sottosuolo di tipo B), mentre il *bedrock sismico* (valori di propagazione delle onde di taglio $\mathbf{V_s}$ > 800 m/sec) è posto a profondità maggiori di 30-35 m dal piano campagna, si può assegnare l'area in oggetto alla categoria **B** di sottosuolo (*Rocce tenere* e d*epositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m*). Conferma della categoria di sottosuolo così determinata si è avuta sia elaborando i dati della vicina prospezione sismica a rifrazione (valori di $\mathbf{V_{s30}}$ dell'ordine di 400-450 m), che dai dati riportati nella scheda dell'ambito APA4 del P.S.C..

Dalla funzione di trasferimento ottenuta durante l'analisi dei dati della MASW si ricava un valore indicativo della *frequenze fondamentali* $\mathbf{f_0}$ del sottosuolo dell'ordine di 8-9 Hz (da cui un *periodo fondamentale* $\mathbf{t_0}$ = 0,13-0,11), in linea con quelli indicati dal Dott. Geol. Gian Pietro Mazzetti nell'ambito in oggetto (APA4) durante lo studio del P.S.C. ($\mathbf{f_0}$ = 6-12 Hz; $\mathbf{t_0}$ = 0,16-0,08).

6. NOTE CONCLUSIVE

Dall'indagine svolta e dalle considerazioni esposte nei Capitoli precedenti emerge un parere favorevole, da un punto di vista geologico, geomorfologico e sismico, alla variante urbanistica prospettata (Variante 13 – Ambito **APA4** –al P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina). Per la presenza di nuovi dissesti franosi nell'area (rispetto alla situazione rilevata al momento della stesura del P.T.C.P. e del P.S.C.), si dovrà in ogni caso rivedere la perimetrazione dell'ambito in oggetto, riducendolo nella parte Nord-orientale ed in minima parte nella fascia meridionale (vedi Tavola 1b - dissesti franosi rilevati nel febbraio 2016). Nella parte occidentale, dove piccole porzioni delle strutture esistenti (capannoni) erano rimaste fuori comparto, per quanto di competenza, si potrà leggermente ampliare il perimetro per ricomprenderle interamente, non essendovi motivi ostativi dal punta di vista geologico e geomorfologico.

Occorre comunque ribadire che l'ambio APA4 è inserito in un contesto estremamente fragile, che senza un adeguato e costante presidio dell'uomo e lasciato in modo naturale al suo destino, tenderà in breve tempo a degradarsi. Occorre pertanto mantenere nel tempo e potenziare le opere di presidio e salvaguardia dell'area, in modo particolare la rete di scolo delle acque superficiali presente sia all'interno del comparto che nelle sue aree circostanti. Si è potuto constatare la buona manutenzione

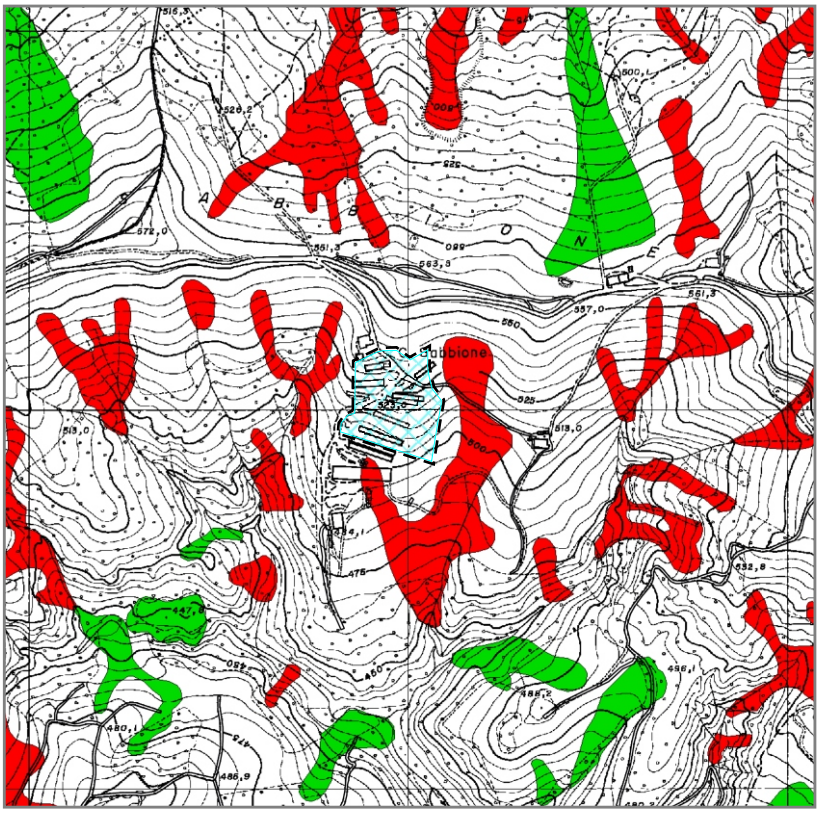
della rete di scolo esistente, anche se i vari tratti di cui è composta non sono sempre correttamente interconnessi; si è altresì notato l'assenza di questa in altre aree, come quella critica a Sud. In attesa della riqualificazione dell'area, si consiglia un intervento di razionalizzazione ed estensione della rete di scolo delle acque superficiali, a presidio del comparto e delle strutture in esso presenti.

Si prescrive di progettare la riqualificazione dell'area ed il recupero dei fabbricati esistenti nel rispetto dell'andamento morfologico della zona, limitando al minimo gli sbancamenti necessari. L'esecuzione di eventuali sbancamenti, così come sistemazione finale dell'area e delle scarpate naturali od artificiali, compreso la sistemazione degli eventuali riporti, dovranno essere effettuate sulla base di un'approfondita e preventiva indagine geologica e geotecnica che "indirizzi" la progettazione esecutiva. Tale indagine integrativa dovrà anche essere di supporto alla progettazione di recupero dei fabbricati esistenti ed all'eventuale realizzazione di nuovi edifici. Non si danno perciò indicazioni riguardanti le modalità tecniche di recupero dei fabbricati esistenti ne' tantomeno sulle caratteristiche di eventuali nuovi volumi fabbricabili (distribuzione dei carichi, presenza di piani interrati, ecc.) che saranno da valutare in concertazione tra i vari tecnici incaricati per approntare il progetto esecutivo (geologo, ingegnere, architetto, geometra, ecc.), così come per il tipo di fondazione, la capacità portante ed i parametri geotecnici dei terreni da adottare. L'unica raccomandazione è quella prediligere l'area centro-occidentale del comparto, quella con maggior grado di stabilità, sia per il recupero dei fabbricati esistenti che per l'eventuale realizzazione di nuovi.

Vista la fragilità dei terreni presenti nell'area nei confronti dell'azione dell'acqua, oltre alle opere di presidio dell'area prima citate, si prescrive nella successive fasi attuative di riqualificazione/recupero dell'area, di incrementare e potenziare la rete di raccolta e smaltimento delle acque superficiali e di infiltrazione di tutta l'area. Le acque così raccolte e quelle meteoriche raccolte nei pluviali e nell'aree cortilive dovranno poi essere convogliate nella rete scolante (canali, fossi, ecc.) e non essere disperse casualmente al suolo.

Si assevera che la presente indagine è stata svolta in ottemperanza alle disposizioni contenute nella Legge n.64 del 02/02/1974 e succ. mod. ed int., alla Circ. Regionale n.1288 del 11/02/1983, in conformità al D.M. LL.PP. 11/03/1988, alla Circ. LL.PP. 24/10/1988 n.30483, alla Circ. LL.PP. 09/01/1996 n.218/24/3, al D.M. 16/01/1996, al D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), alla L.R. 20/2000 e succ. mod. ed int., alla Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n.112 del 02/05/2007, così come modificata dalla Delibera di Giunta Regionale della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015.

Estratto Carta del Dissesto Vigente (P.T.C.P. 2010)
Sezione n. **218 060 LEGUIGNO**



Scala 1:10.000

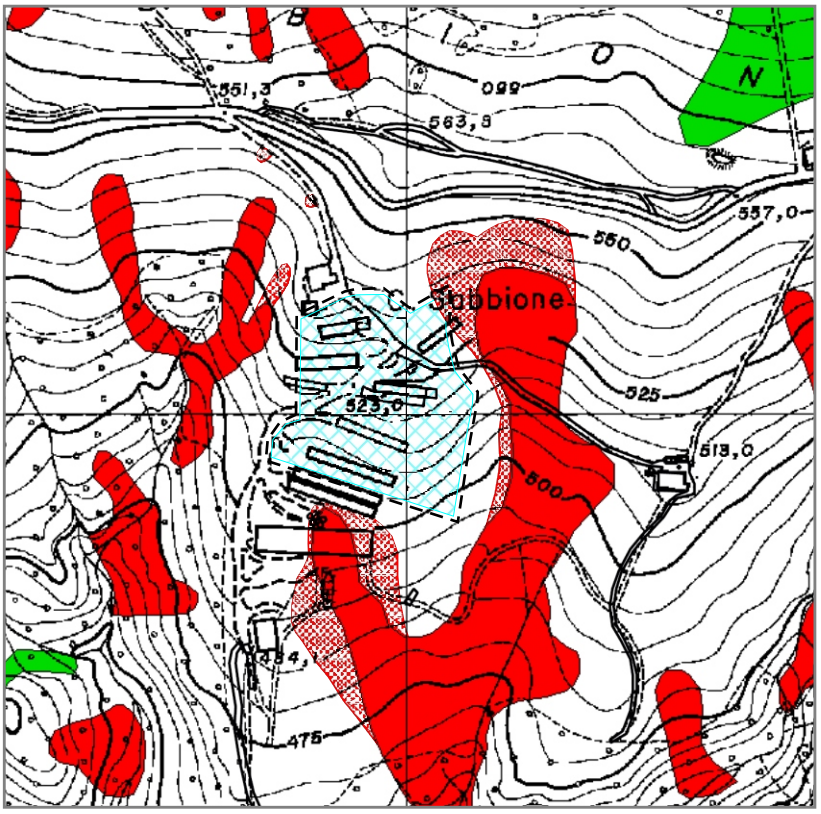
Ambito **APA4** in variante al PSC / RUE (Variante 13)

Frane attive (a1)

Frane quiescenti (a2)

PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) E PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO (P.T.C.P.)	data: febbraio 2016 comm: Comune di Casina dis:	**TAVOLA 1a**

Estratto Carta del Dissesto (P.T.C.P. 2010)
Sezione n. **218 060 LEGUIGNO**



Ingrandimento scala 1:5.000

Ambito **APA4** in variante al PSC / RUE (Variante 13)

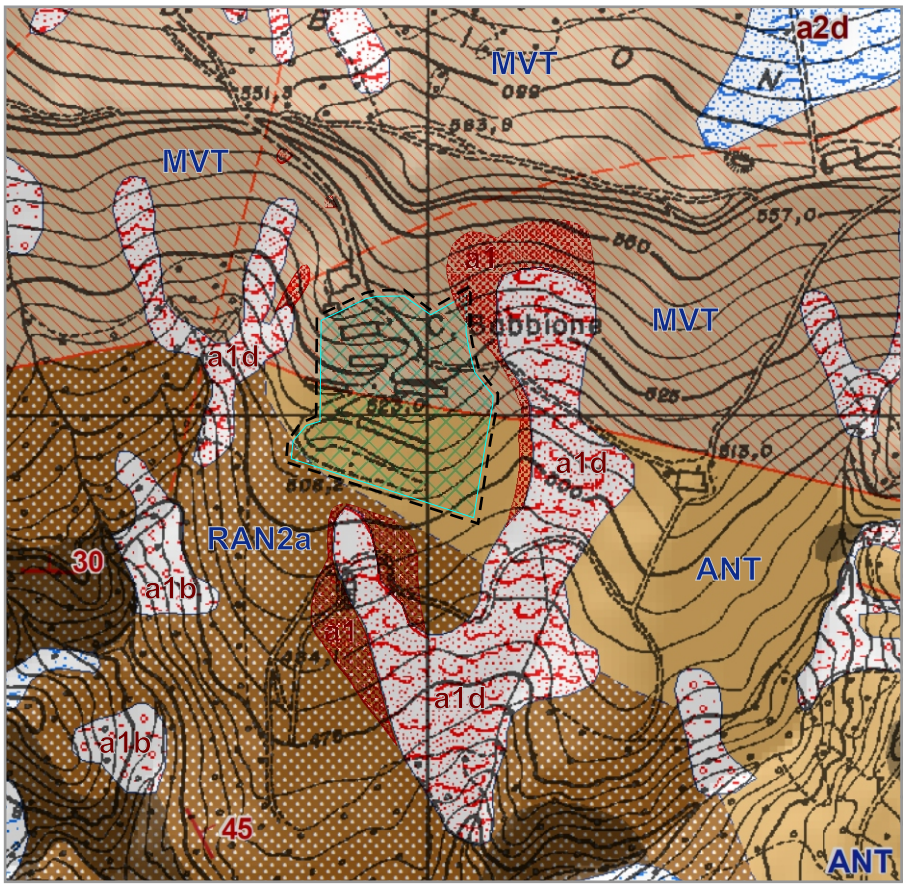
Frane attive (a1) rilevate nel febbraio 2016

Frane attive (a1)

Frane quiescenti (a2)

DISSESTI FRANOSI RILEVATI NEL FEBBRAIO 2016	data: febbraio 2016	**TAVOLA 1b**
	comm: Comune di Casina	
	dis:	

Estratto Cartografia Geologica dell'Emilia-Romagna
Elementi **218 064** Pianzo



Scala 1:5.000

Ambito **APA4** in variante al PSC / RUE (Variante 13)

a1 - Depositi di frana attiva rilevati nel febbraio 2016

a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento

a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento

a2d - Deposito di frana quiescente per colamento lento

MVT - Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa

ANT - Marne di Antognola

RAN2a - Formazione di Ranzano - membro della Val Pessola - litofacies arenaceo-conglomeratica

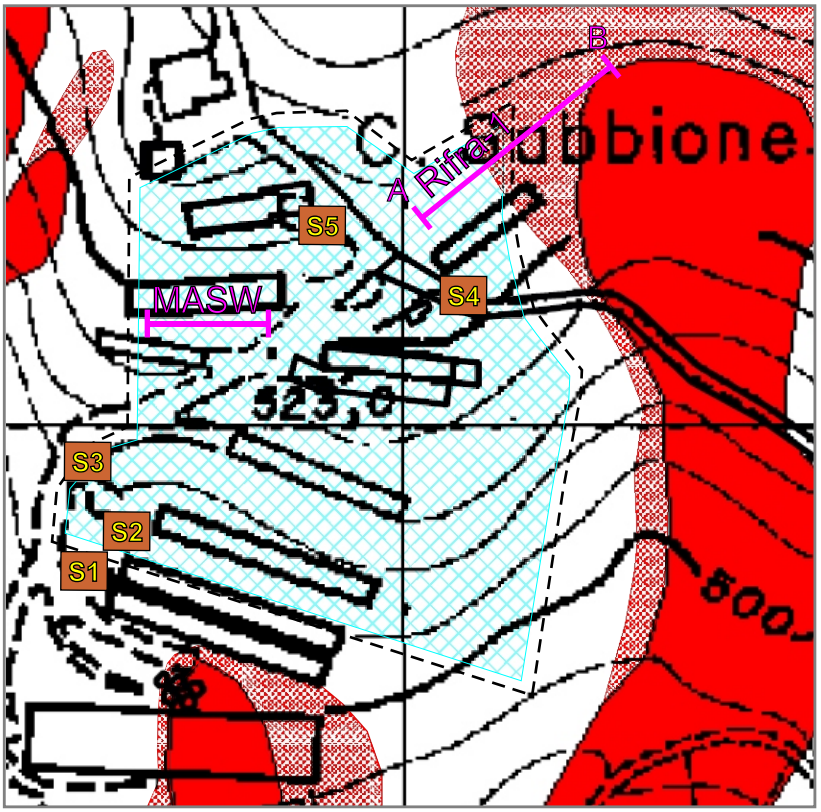
12 Giacitura degli strati (substrato)

faglia certa

faglia incerta

CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	data: febbraio 2016	**TAVOLA 1c**
	comm: Comune di Casina	
	dis:	

Estratto Carta del Dissesto (P.T.C.P. 2010)
Sezione n. **218 060 LEGUIGNO**



Ingrandimento scala 1:2.000

Ambito **APA4** in variante al PSC / RUE (Variante 13)

Frane attive (a1) rilevate nel febbraio 2016

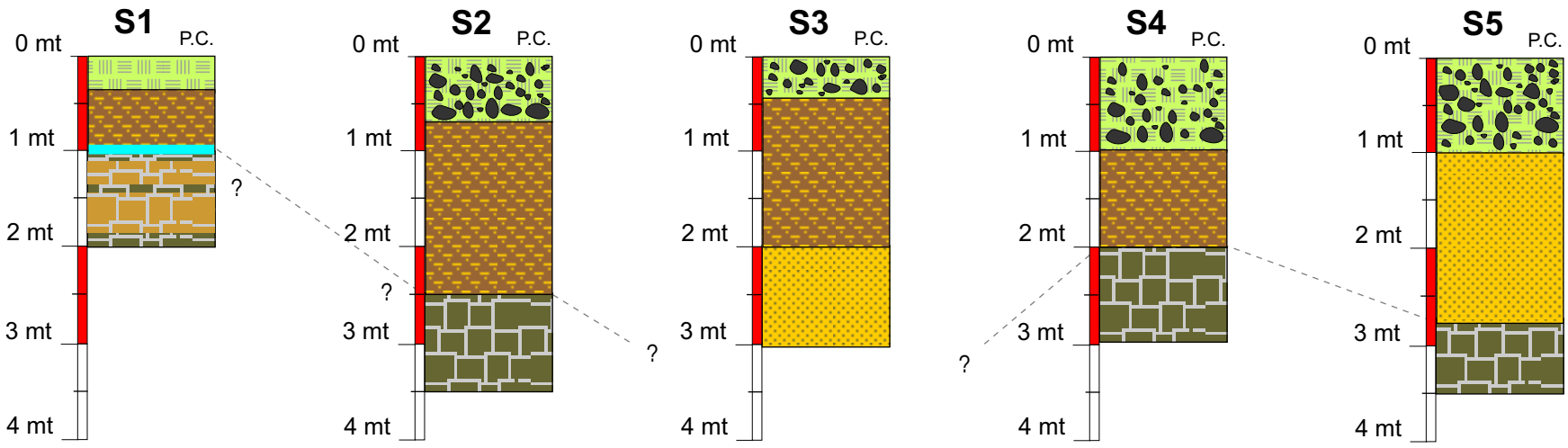
Frane attive (a1)

S1 — Saggi esplorativi

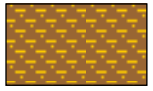
A Rifra-1 B — Prospezione sismica a Rifrazione

MASW — Prospezione sismica con tecnica MASW e Rifrazione

UBICAZIONE PROVE GEOGNOSTICHE	data: febbraio 2016	**TAVOLA 2**
	comm: Comune di Casina	
	dis:	

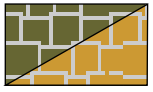


Terreno agrario e/o riporto ghiaioso



Limo e/o limo argilloso di colore bruno con sfumature marroni chiaro (limo) o grigie (argilla), compatto, asciutto e duro (tranne nel saggi S1) - valori di qu = 2,5-4,0 Kg/cmq - con inclusi litoidi (siltiti marnose), patine di ossidazione giallo-ocra, resti organici e calcinelli bianchi

Limo debolmente sabbioso di colore nocciola, duro ma molto friabile - valori di qu = 3,0-4,0 Kg/cmq - con pochi inclusi litoidi siltoso-marnosi



Siltiti marnose grigio-bruno molto fratturate e facilmente sfaldabili. Nel saggio S1 sono presenti anche arenarie poco cementate (in prevalenza)

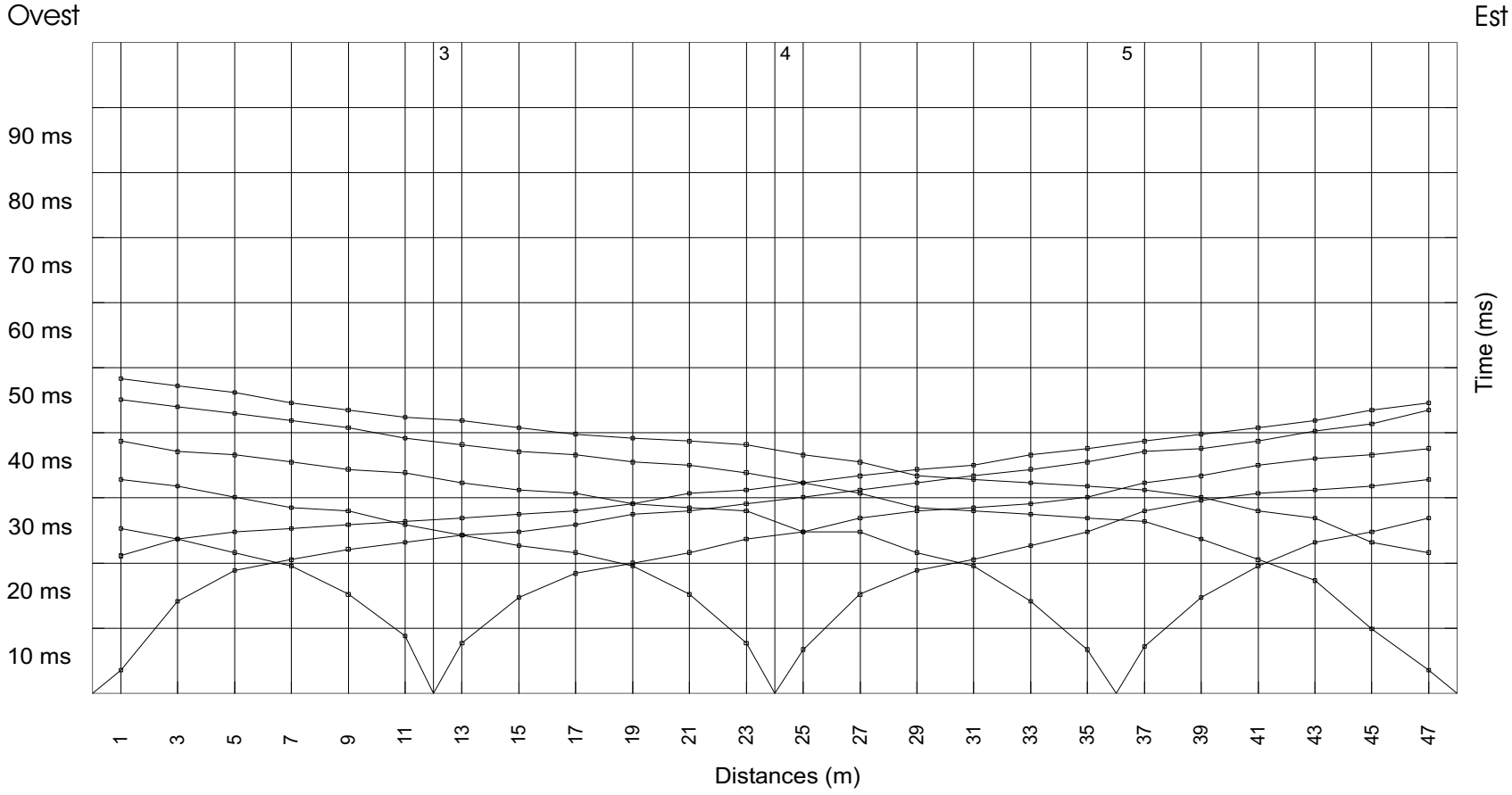
P.C. = piano campagna

Venute d'acqua

qu = resistenza alla compressione semplice misurata con il pocket penetrometer (valori minimi)

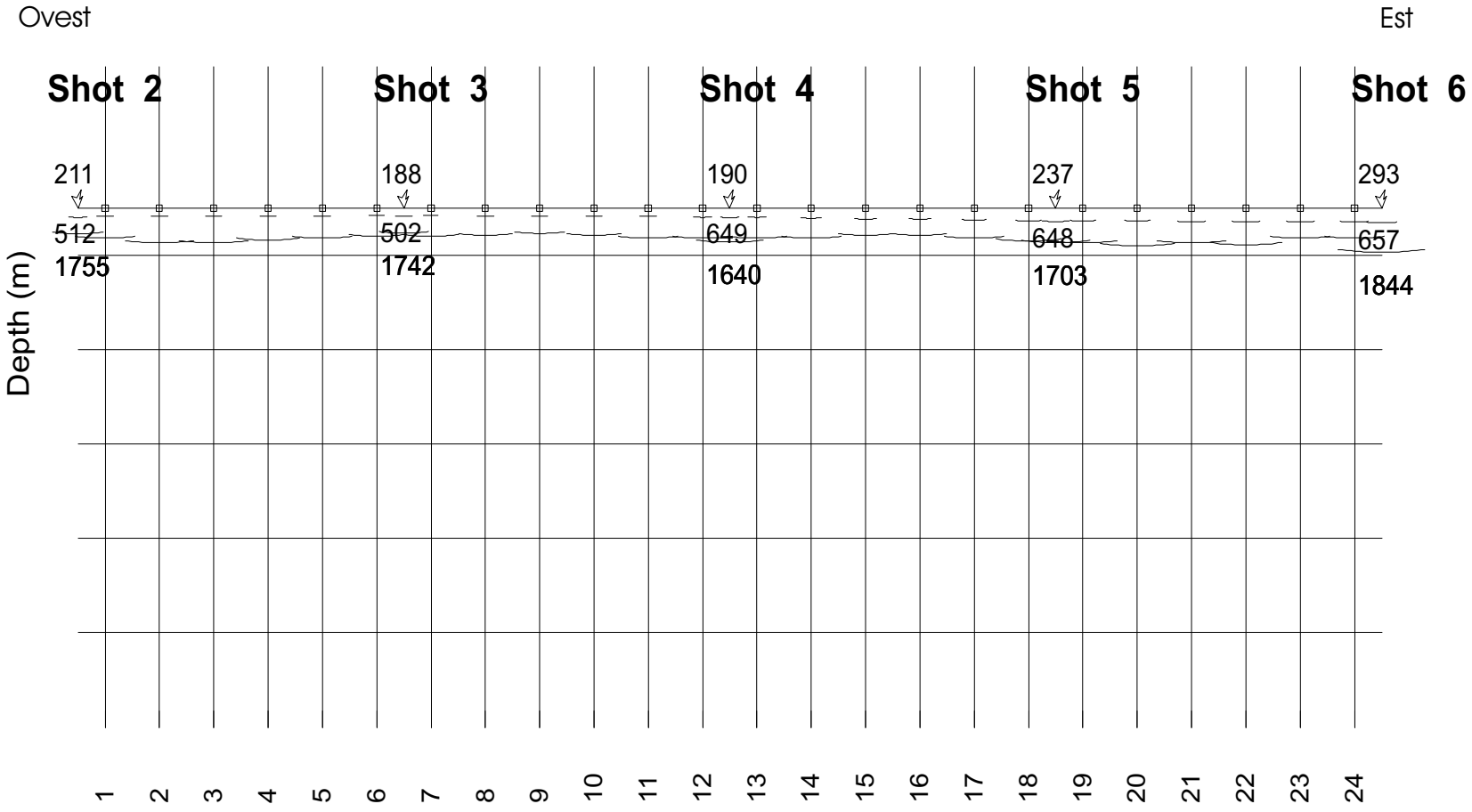
STRATIGRAFIE SAGGI ESPLORATIVI	data: febbraio 2015	**TAVOLA 3**
	comm: Comune di Casina	
	dis:	

DROMOCRONE - Costa del Sabbione nel Comune di Casina (RE)



STENTIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE (Rifra-1)	data: febbraio 2016	**TAVOLA 4a**
	comm: Comune di Casina	
	dis:	

STRATIGRAFIA SISMICA - Costa del Sabbione nel Comune di Casina (RE)



STENTIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE (Rifra-1)	data: febbraio 2016 comm: Comune di Casina dis:	**TAVOLA 4b**

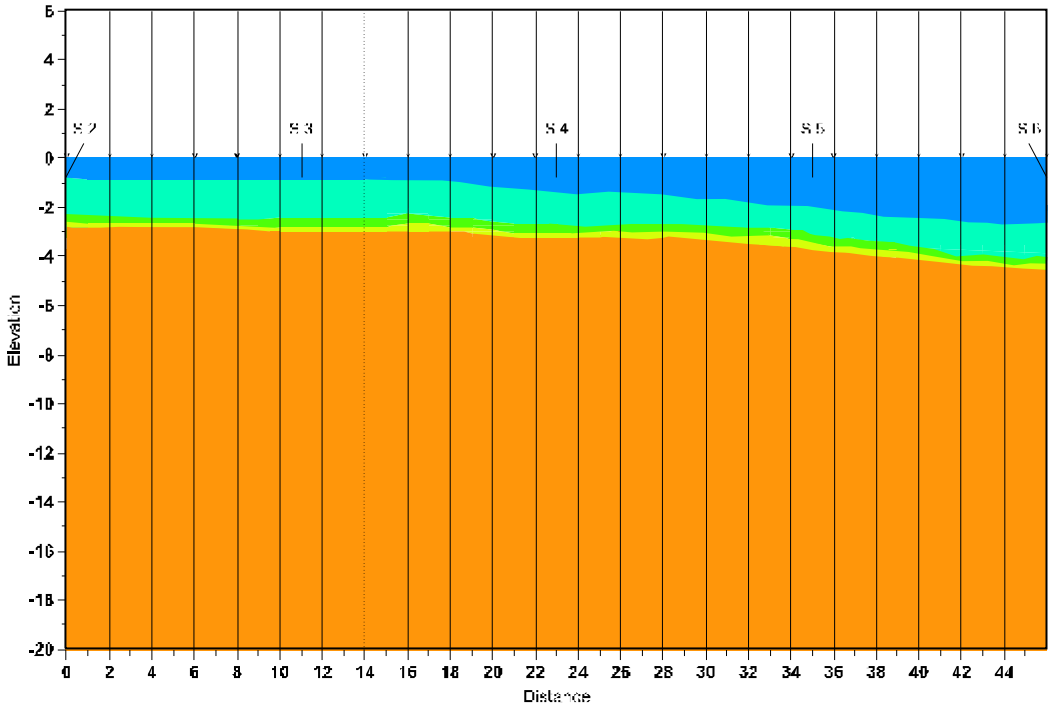
PROFILO SISMICO - Costa del Sabbione nel Comune di Casina (RE)

Ovest

Est

Velocity meters/s

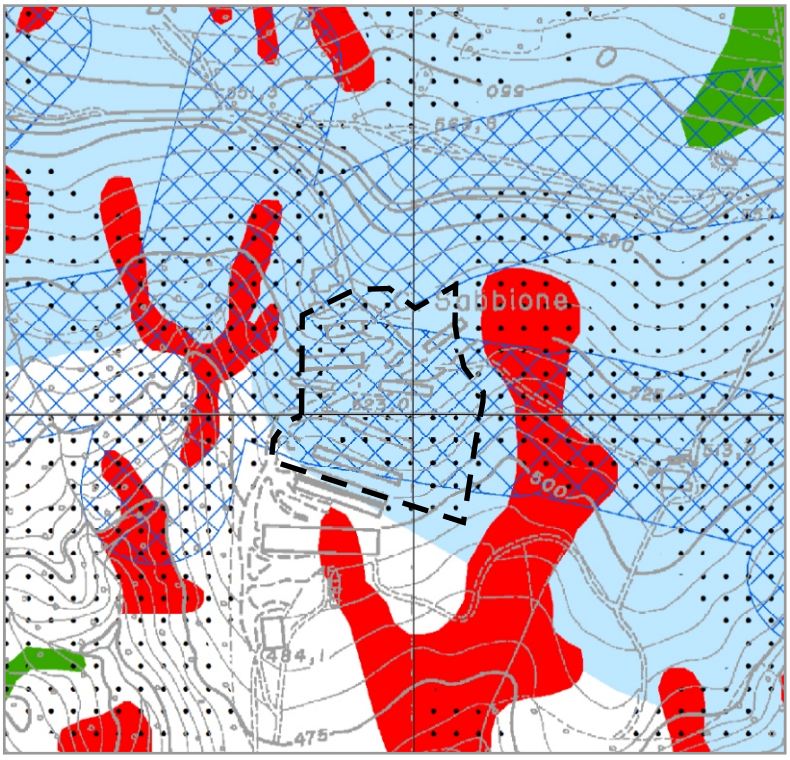
1600 .. 2000	
1200 .. 1600	
800 .. 1200	
400 .. 800	
0 .. 400	



ABC method depth computation

STENTIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE (Rifra-1)	data: febbraio 2016 comm: Comune di Casina dis:	**TAVOLA 4c**

Estratto Carta di Microzonazione Sismica - P12 (Tavola Ovest) del P.S.C. / R.U.E. del Comune di Casina (RE)



Scala 1:5.000

Ambito **APA4** in variante al PSC / RUE (Variante 13)

		EFFETTI ATTESI
	1	**Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.
	2	**Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
(a) (b)	3	**Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica*: (a) approfondimenti di II livello, (b) approfondimenti di III livello.
	4	**Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
	5	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello.
	6	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico; microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.
	7	**Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti e a potenziale densificazione** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica*: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti, densificazioni.
	8	**Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti** studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.
	9	**Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali** studi*: indagini per caratterizzare Vs_{30}, in caso Vs_{30} maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso Vs_{30} minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.
	10	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche** studi*: indagini per caratterizzare Vs_{30} e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso Vs_{30} maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso Vs_{30} minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; microzonazione sismica*: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso Vs_{30} minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.
	11	**Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per intensa fratturazione** effetti attesi*: amplificazione degli effetti sismici; microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.

MICROZONAZIONE SISMICA VIGENTE	data: febbraio 2016 comm: Comune di Casina dis:	**TAVOLA 5**

Indagine geofisica tramite tecnica MASW

GEOSTUDIO Geologi Associati di Merlini - Monelli - Mattioli C.F.: 01670340353 P.IVA: 01670340353	Via C. Franceschini, 26 42035 Castelnovo ne' Monti (RE) Tel: 0522 811948 Fax: 0522 811948 e-mail: gstdmmm@libero.it

Data prova: 19 febbraio 2015 ore 15.00

Committente: **Comune di Casina (RE)**

Cantiere: **Pianzo – Costa del Sabbione (Variante 13 al PSC/RUE)**

Località: **Casina (RE)**

Il Tecnico: **Geol. Federico Mattioli**

Nr. Lic. 4CA218FC5351439C88D51121B6F5D0BE

Indice

Masw 2

Strumentazione adottata 3

Tracce 3

Analisi spettrale 4

Curva di dispersione 5

Inversione 6

Profilo di velocità 7

Risultati 7

Sismostratigrafia e funzione di trasferimento 8

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico
Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"
In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

Analisi del segnale con tecnica MASW
Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione
E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

Modi di vibrazione
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Strumentazione adottata

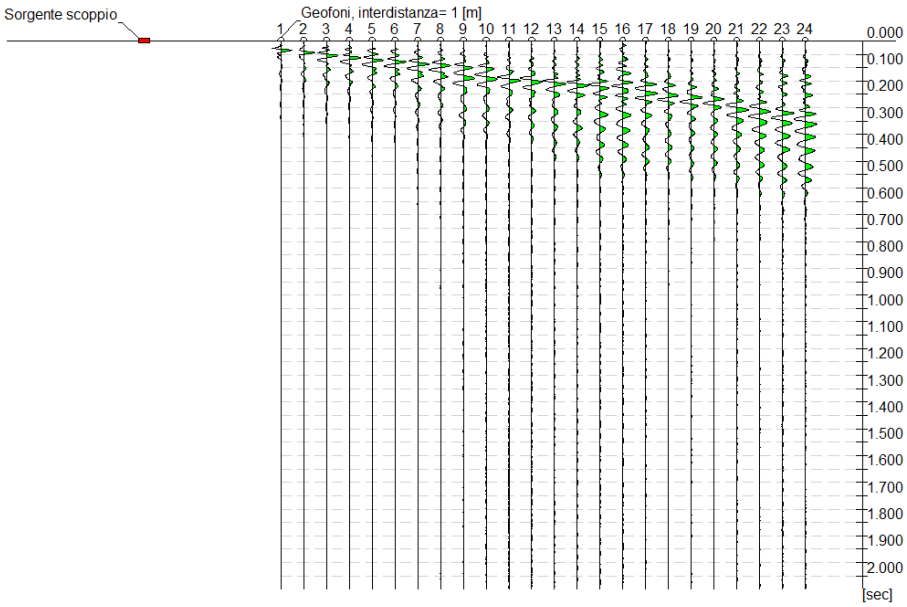
L'indagine è stata effettuata tramite sismografo 12 canali della Dolang di Genova (JEA 24 bit), gestito da computer, avente le seguenti caratteristiche:

- 12 canali a registrazione separata. Registrazione separata dei canali anche su computer
- Trattamento segnale a 24 bit
- Valore dell'intervallo tra un campione ed il successivo (sample rate) da 30 a 32000 microsecondi
- Frequenza di campionamento (inverso del sample rate) da circa 30 Hz a 32000 Hz
- Numero campionamenti per canale da 256 a 4096
- Durata del campionamento (numero campionamenti x sample rate) da 0,064 a circa 130 secondi

Sono state effettuati due stendimente interposti con 12 geofoni da 4,5 Hz ciascuno. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il programma Esay Masw della Geostru.

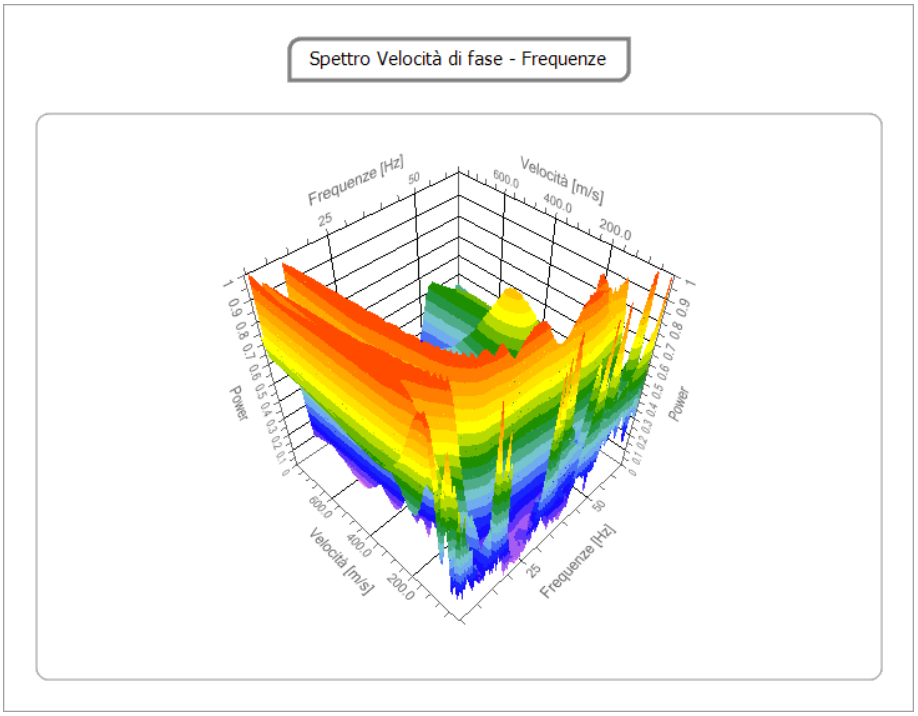
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2048.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



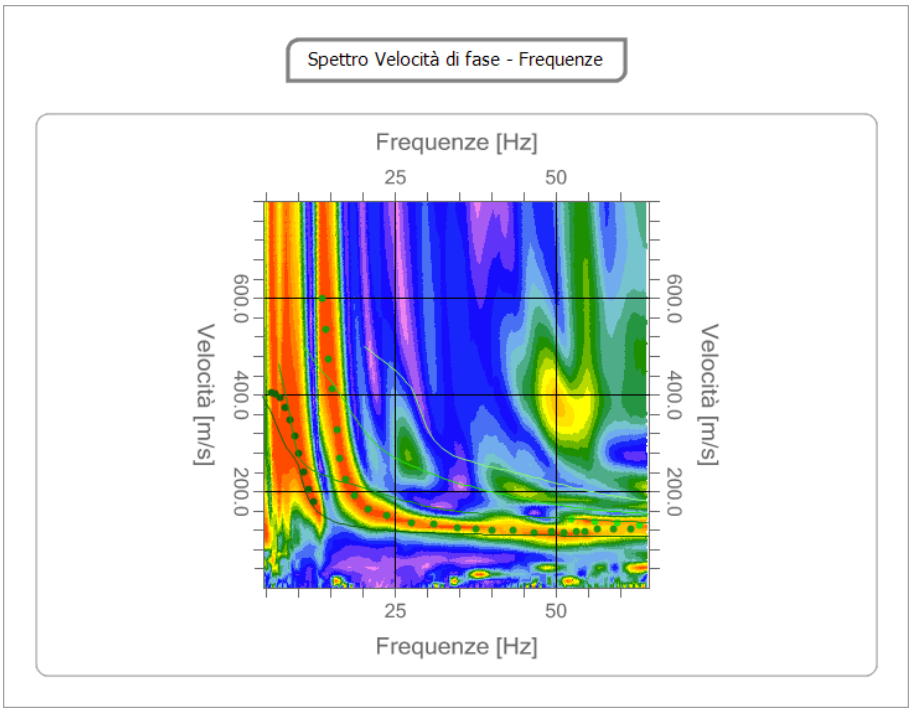
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	4.5
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	65
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	5.7	405.0	0
2	6.5	403.0	0
3	7.2	393.0	0
4	7.9	374.5	0
5	8.7	348.1	0
6	9.4	315.0	0
7	10.1	277.7	0
8	10.8	239.5	0
9	11.6	204.5	0
10	12.3	177.7	0
11	13.7	600.4	1
12	14.3	536.3	1
13	14.6	474.5	1
14	15.3	412.7	1
15	16.0	326.7	1
16	16.4	267.1	1
17	17.4	225.1	1
18	18.7	192.0	1
19	20.9	163.3	1
20	23.7	150.1	1
21	27.6	134.6	1
22	31.0	132.4	1
23	34.8	125.8	1
24	37.6	121.4	1
25	40.2	119.2	1
26	43.3	119.2	1
27	46.6	114.8	1
28	49.4	117.0	1
29	51.3	114.8	1
30	52.5	142.8	2
31	53.2	117.0	1
32	54.6	117.0	1
33	56.2	137.3	2
34	56.6	121.0	1
35	59.0	121.0	1
36	59.7	134.6	2
37	61.7	121.0	1
38	63.1	129.2	2

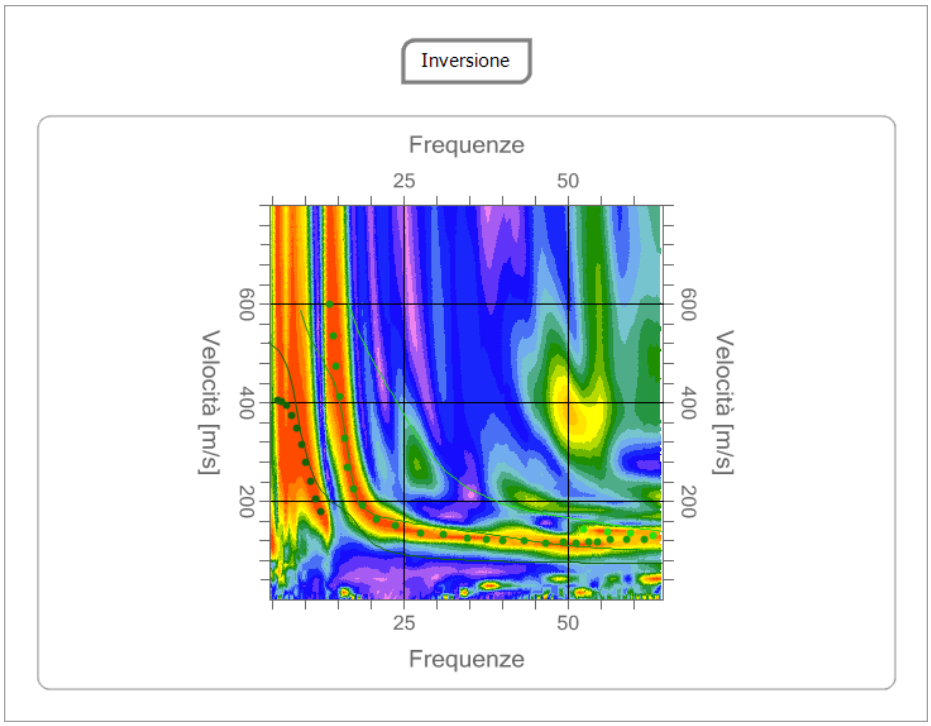


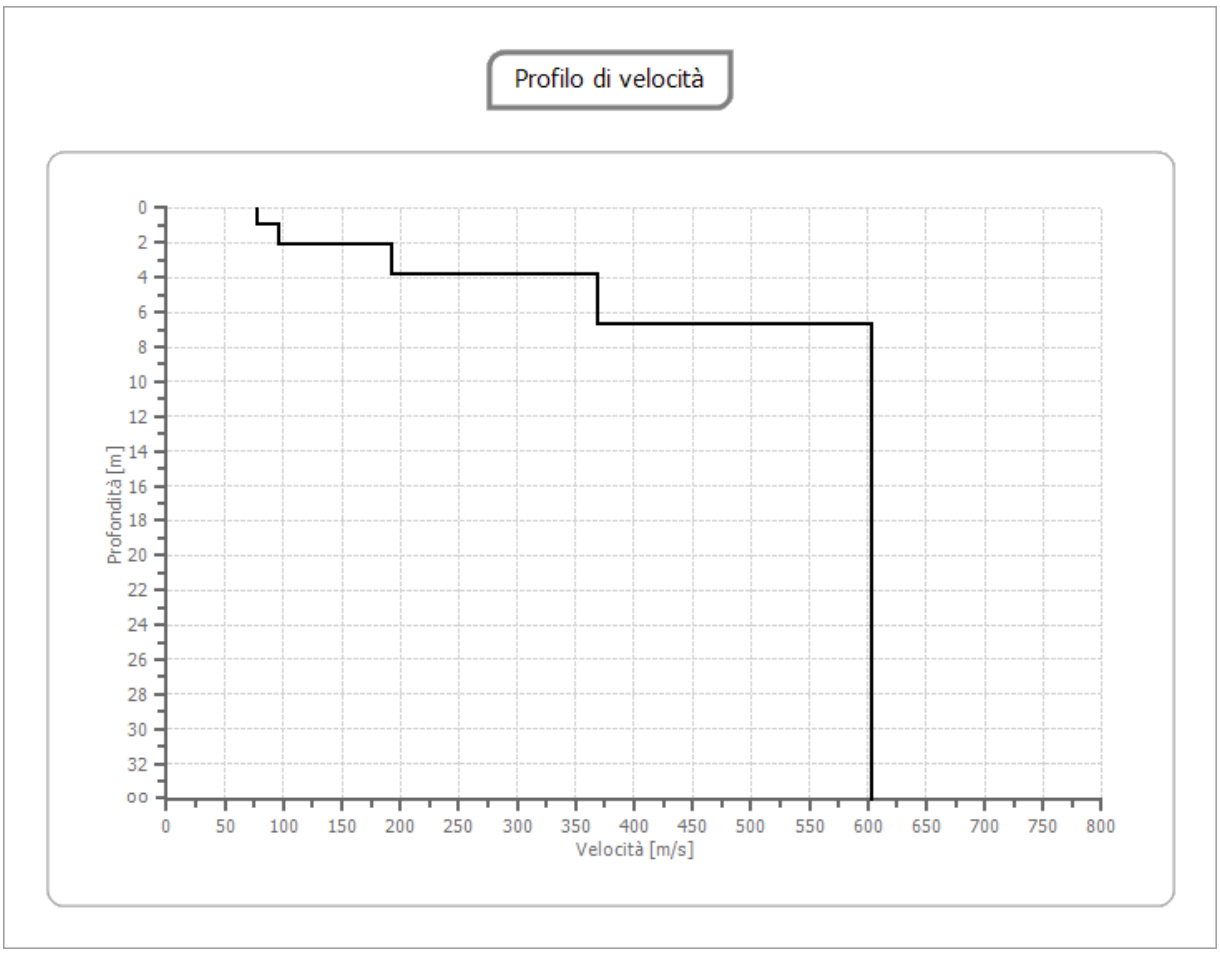
Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	2050.0	0.45	No	189.1	77.2
2		2.13	1.13	2050.0	0.40	No	235.4	96.1
3		3.79	1.66	2100.0	0.40	No	360.4	192.7
4		6.75	2.96	2150.0	0.35	No	690.8	369.3
5		oo	oo	2250.0	0.30	No	1129.1	603.5

Percentuale di errore 2.719 %

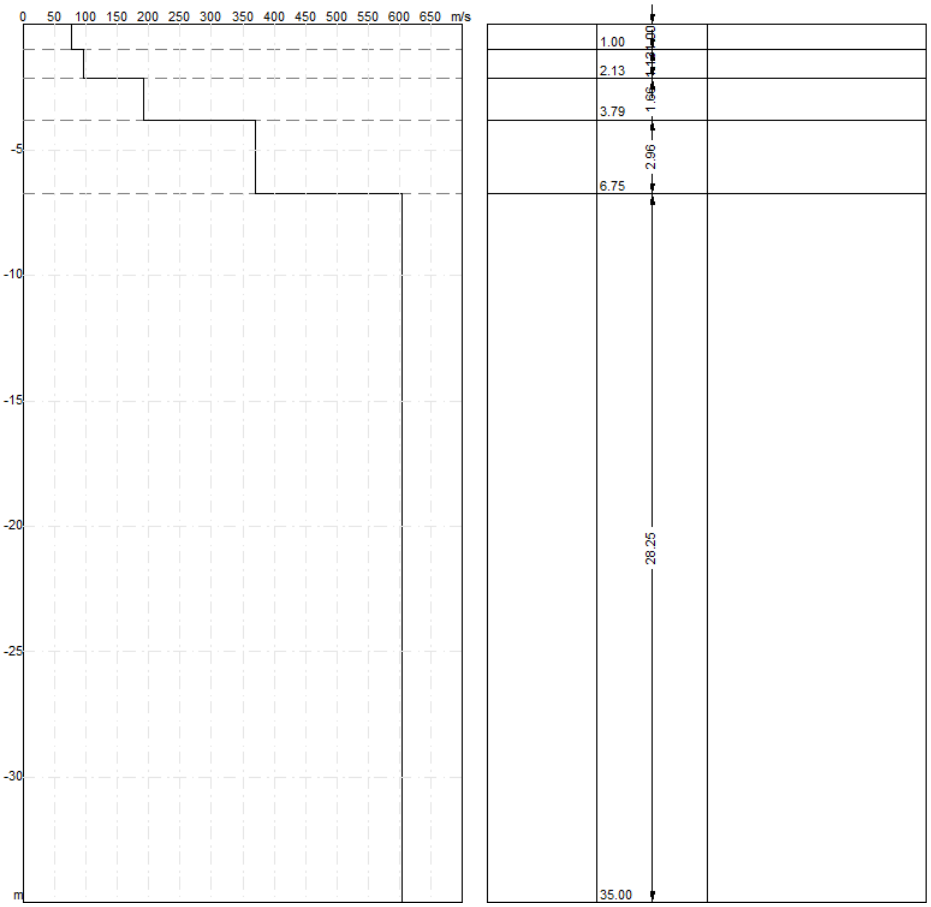
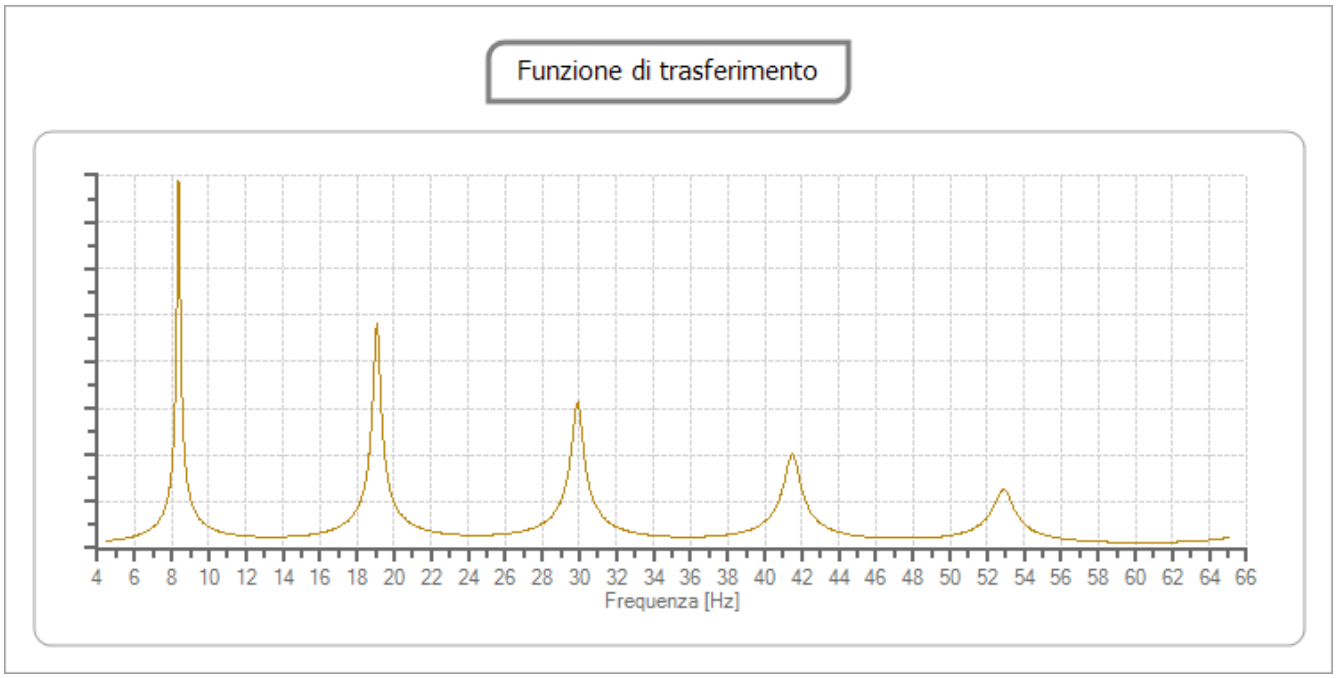
Fattore di disadattamento della soluzione 0.131





Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	**375.54**
Categoria del suolo	**B**

<u>Suolo di tipo B</u>: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Sismostratigrafia