

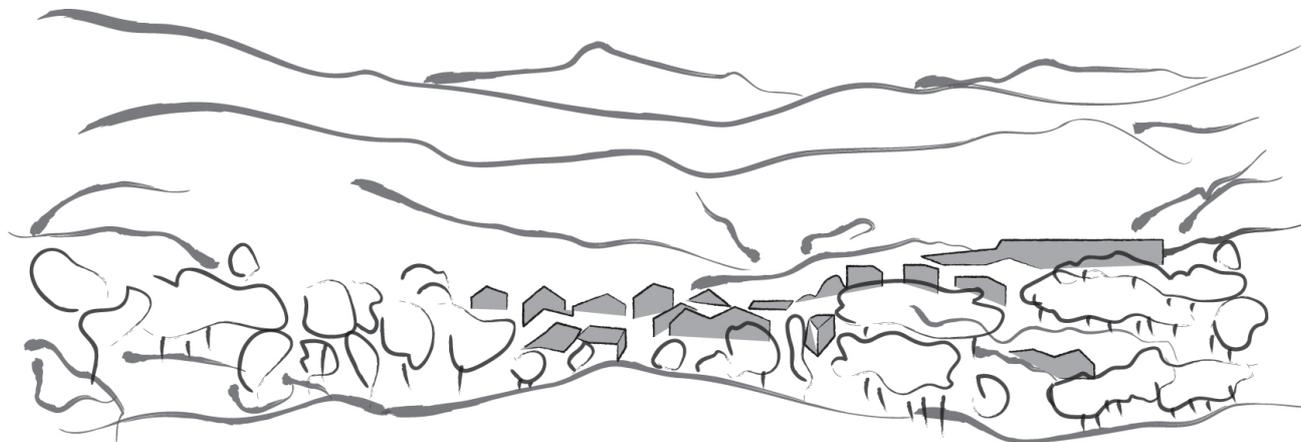
Provincia di Modena
Comune di Frassinoro



PIANO REGOLATORE GENERALE **Variante parziale 06/2013**

adottata con deliberazione consiliare n. 7 del 15/01/2013
approvata con deliberazione consiliare n. 24 del 01/10/2013
ai sensi dell'articolo 15 della legge regionale 7 dicembre 1978, n. 47.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
ALLEGATO 5
INTEGRAZIONI PERIZIE GEOLOGICHE



<i>Domanda</i>	n. 002
<i>Richiedente</i>	Allodi Gianni
<i>Foglio</i>	46
<i>Mappali</i>	1006
<i>Tavola PRG</i>	5.8

Regione Emilia-Romagna
Provincia di Modena
COMUNE DI FRASSINORO

VARIANTE PARZIALE AL P.R.G. 2013

**RICHIESTA VARIANTE AREA 002
DA ZONA AGRICOLA NORMALE E1 A
ZONA DI COMPLETAMENTO NORMALE B1**

Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli

Catasto Terreni Foglio n° 46, Particella n° 1006 *pars* (ex n° 284)

STUDIO GEOLOGICO-SISMICO

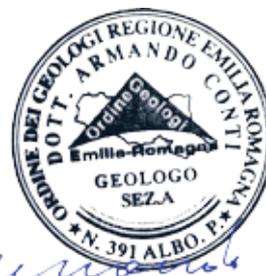
Richiedente: Sig. Gianni Allodi

**Integrazioni
Studio geologico
Analisi della risposta sismica locale**



Dott. Ing. Stefano Bocci

n° 1467 Ordine degli Ingegneri Provincia di Parma



Dott. Geol. Armando Conti

n° 391 Sez. A Ordine Geologi Regione Emilia-Romagna

Collecchio (PR), agosto 2013

Dott. Geol. ARMANDO CONTI	Dott. Geol. VALTER TRUCCI
Via P. Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A. Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

INDICE

1.	PREMESSE	pag.	1
	1.1. Scopo e contenuto del documento	pag.	1
	1.2. Modalità di indagine	pag.	2
	1.3. Inquadramento geografico e cartografico del sito	pag.	3
2.	STUDIO GEOLOGICO	pag.	4
	2.1. Morfometria	pag.	4
	2.2. Modello geologico–stratigrafico e strutturale	pag.	4
	2.3. Caratterizzazione geomorfologica	pag.	6
	2.4. Pericolosità geomorfologica e compatibilità delle previsioni con le condizioni di dissesto esistenti o potenziali	pag.	7
	2.5. Valutazioni idrogeologiche	pag.	10
3.	INDAGINI IN SITO	pag.	12
	3.1. Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H.	pag.	12
	3.2. Prospezione sismica M.A.S.W.	pag.	14
4.	MODELLO STRATIGRAFICO E LITOSTRATIMETRICO–TESSITURALE	pag.	16
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	pag.	18
	5.1. Base dati	pag.	18
	5.2. Considerazioni generali sui dati: limiti e approssimazioni	pag.	18
	5.3. Profilo geotecnico	pag.	18
6.	ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	pag.	23
	6.1. Classificazione sismica	pag.	23
	6.2. Aree suscettibili di effetti locali – primo livello di approfondimento	pag.	23
	6.3. Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata	pag.	23
	6.3.1. Pericolosità sismica di base	pag.	25
	6.3.2. Categoria di sottosuolo	pag.	25
	6.3.3. Coefficienti di amplificazione Ss e Cc	pag.	29
	6.3.4. Fattori di Amplificazione sismica P.G.A. e Intensità Spettrale	pag.	30
	6.3.5. Effetti della topografia	pag.	30
	6.3.6. Spettri di risposta	pag.	30
7.	FATTIBILITÀ GEOLOGICO–SISMICA DELLE PREVISIONI	pag.	33
	7.1. Zone non edificabili	pag.	33
	7.2. Tipologia di fondazione consigliata	pag.	33
	7.3. Prescrizioni geologico–tecniche per l’esecuzione degli interventi	pag.	33
	7.4. Indagini geognostiche e sismiche e studi geologico–sismici da eseguire nelle successive fasi di pianificazione e progettuali	pag.	34

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

FIGURE

- **Figura 1.** Inquadramento geologico, da: “Carta geologica dell’appennino emiliano–romagnolo a scala 1:10.000”, edizione 2011. pag. 5
- **Figura 2.** Inquadramento in “Rischio da frana: carta del Dissesto”, Tavola 2.1.14 alla scala 1:10.000 del P.T.C.P. 2009. pag. 8
- **Figura 3.** Individuazione e perimetrazione dell’area a rischio idrogeologico molto elevato Codice 048–ER–MO (da: Autorità di Bacino del Fiume Po, PAI, Allegato 4.1). pag. 9
- **Figura 4.** Andamenti del numero di colpi standardizzato (N60) misurato nelle verticali di prospezione penetrometrica D.P.S.H. pag. 13
- **Figura 5.** Inquadramento nella “Carta del Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti lcoali”, Tavola 2.2 b.14 alla scala 1:10.000 del P.T.C.P. 2009 pag. 24
- **Figura 6.** Variabilità dei parametri che identificano la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per periodi di ritorno T_r di riferimento. pag. 26
- **Figura 7.** Spettri di risposta elastici in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per periodi di ritorno T_r di riferimento. pag. 27
- **Figura 8.** Valutazione degli aspetti topografici lungo due sezioni significative.. pag. 31
- **Figura 9.** Spettro di risposta di progetto calcolato sulla base dei risultati della prospezione M.A.S.W. con due diverse metodologie: a) Equazione di risonanza e b) HVSR. pag. 32

ALLEGATI

- **Allegato 1.** INDAGINI IN SITO. Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H.
- **Allegato 2.** INDAGINI IN SITO. Prospezione M.A.S.W.

TAVOLE

- **Tavola 1.** Carta geologica di sintesi (scala 1:2.000)
- **Tavola 2.** Carta di Microzonazione sismica (scala 1:1.000)

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

1. PREMESSE

1.1. Scopo e contenuto del documento

Il presente documento contiene lo studio geologico–sismico prodotto a integrazione del rapporto geologico presentato ai fini della previsione di Variante, identificata con il n° 002, da Zona Territoriale omogenea E1 (zona agricola normale) a Zona Territoriale omogenea B1 (zona di completamento normale), nell’ambito della Variante Parziale giugno 2013 al P.R.G. del Comune di Frassinoro (Provincia di Modena), per un appezzamento di terreno sito in Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli identificato al Foglio n° 46, Mappale n° 1006 *pars* (ex n° 284) del Catasto Terreni (di seguito identificato come Area 002).

La richiesta prot. n° 1564 del 9 aprile 2009, avanzata dal proprietario Sig. Gianni Allodi, riguardava l’inserimento dell’intera particella nella Zona Territoriale omogenea B1 (zona di completamento normale), in cui risulta già in parte classificata. Il Comune di Frassinoro escludeva dalla Variante il settore orientale della particella, subordinando l’esito della richiesta per la restante parte (la cui superficie totale, comprensiva della porzione già classificata, ammonta di circa 1.111 m²) alla produzione di un rapporto geologico–tecnico e sismico per le valutazioni di idonea fattibilità. Con protocollo n° 2996 del 30 luglio 2013, il Comune di Frassinoro ha richiesto l’integrazione del rapporto geologico presentando, come da Allegato A alla Delibera di Giunta provinciale n° 198/2013, che per l’area specifica prescrive:

- Cartografia con ubicazione area, con ubicazioni indagini.
- Esecuzione prospezioni geognostiche e geofisiche.
- Microzonazione: approfondimenti di II° o III° livello in funzione dell’ubicazione del sito.
- Verifiche di stabilità sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazione sismica.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

1.2. Modalità di indagine

Lo studio geologico, conforme alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008, è stato esteso a un contorno dell'Area 002 significativo in relazione alle possibili tipologie di futura trasformazione del territorio e al contesto geologico e morfologico locale, con lo scopo di ricostruire i caratteri geologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici, idrogeologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, focalizzando le potenziali interferenze di future trasformazioni con l'ambiente geologico, e di acquisire i dati per definire un primo modello geotecnico di sottosuolo a "maglie larghe", da integrare nelle successive fasi di pianificazione. A questi fini sono state approfondite a livello specifico le indicazioni delle cartografie tematiche e delle basi-dati ufficiali (Regione, Provincia e Comune) e acquisiti dati di carattere geologico-stratigrafico, articolando le indagini secondo la seguente procedura:

1. Caratterizzazione stratigrafica, litologica, strutturale, geomorfologica, idrogeologica e individuazione dei fattori di pericolosità geomorfologica; da dati bibliografici e rilievi diretti (cfr. **Figure 1, 2 e 3; Tavola 1**).
2. Specifica campagna di indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafico-tessiturale e la modellazione geotecnica preliminare del sottosuolo, con n° 3 prove penetrometriche dinamiche con Penetrometro Dinamico Superpesante Italiano D.P.S.H. (cfr. **Allegato 1; Tavola 1**).

L'analisi della risposta sismica locale è stata condotta attraverso il primo e il secondo livello di approfondimento previsti dall'«Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"», Allegati A, A1 e A2 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007. La valutazione approfondisce a livello locale gli studi sovraordinati (P.T.C.P. 2009), identificando gli elementi litologici, geomorfologici e topografici che possono determinare effetti locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, fornendo prime indicazioni sui limiti e sulle condizioni, da approfondire nelle successive fasi di pianificazione e progettuali (cfr. **Tavole 2 e 3**). In questo ambito è stata effettuata una misura diretta della velocità delle onde sismiche di taglio per la definizione dei parametri $V_{s,H}$ e $V_{s,30}$ mediante n° 1 prospezione geofisica in sismica attiva con metodologia M.A.S.W. (cfr. **Allegato 2; Tavole 1 e 2**).

Sulla base dei dati così ottenuti, viene espresso un giudizio sulla fattibilità geologico-sismica della previsione, con:

- L'individuazione delle zone non edificabili all'interno della previsione.
- L'individuazione delle tipologie di fondazioni consigliate.
- La definizione delle prescrizioni geologico-tecniche per la corretta esecuzione degli interventi.
- L'indicazione delle modalità di corretto governo e smaltimento delle acque bianche e nere.
- La definizione delle indagini geognostiche e sismiche e studi geologico-sismici da eseguire nelle successive fasi di pianificazione e progettuali.
- Gli elaborati grafici e cartografici necessari per illustrare i risultati dello studio.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

1.3. Inquadramento geografico e cartografico del sito

L'Area 002, oggetto di richiesta di Variante, è ubicata nell'alto bacino del Fiume Secchia, sul medio-basso versante che digrada in direzione Nord dal Monte Roncadello (1.350 m s.l.m.m.) al fondovalle del Torrente Dolo (circa 735 m s.l.m.m., da isoipse C.T.R.), poco a monte dell'invaso artificiale "Lago di Fontanaluccia". Nel dettaglio, l'area si sviluppa tra circa 815÷826 m di quota a Nord del centro abitato di Case Farioli, in contiguità con il perimetro del centro abitato nel settore Ovest.

L'ubicazione dell'area è definita dalle coordinate WGS 84: 44,26768° di Latitudine Nord e 10,50762° di Longitudine Est.

La cartografia di riferimento è la seguente:

- Carta Tecnica Regionale dell'Emilia-Romagna, Sezione alla scala 1:10.000 n° 235110 "Frassinoro" (utilizzata come base per le carte tematiche delle **Tavole 1 e 2**).
- Catasto Terreni del Comune di Frassinoro (MO), Foglio alla scala 1:2.000 n° 46, Mappale n° 1006 *pars* (ex n° 284).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

2. STUDIO GEOLOGICO

2.1. Morfometria (Tavola 1)

Nell'ambito del versante che digrada in direzione Nord da Monte Roncadello (1.350 m s.l.m.m.) al fondovalle del Torrente Dolo (circa 735 m s.l.m.m., da isoipse C.T.R.), l'Area 002 si sviluppa nella parte medio-bassa, tra circa 815÷826 m di quota. Considerando l'intero versante, l'acclività media è del 30 % circa, corrispondente a un'inclinazione di 16÷17°, con un rapporto $h/H = 0,14$ (in cui $h = 85$ m è la quota del sito, $H = 615$ m l'altezza del rilievo topografico). Dal momento che la parte medio-bassa del versante appare articolata in avvallamenti e dorsali secondarie (cfr. § 2.3.), considerando il sistema locale, l'Area 002 si trova nella parte medio-alta di un pendio orientato a NNO, con un'acclività media è del 25 % circa, corrispondente a un'inclinazione media di 14°.

L'Area 002, considerata nel suo insieme (cioè, la parte già classificata e quella richiesta in variante), con una superficie totale di circa 1.111 m², ha una forma allungata da OSO a ENE, trasversalmente al pendio locale, con un'acclività che dal 15 % circa (inclinazione circa 9°) nel settore occidentale e centrale, tende ad accentuarsi all'estremità orientale (considerazioni derivate dall'esame della Carta Tecnica Regionale); mentre il primo settore dell'Area (occidentale e centrale) si sviluppa a monte di una fascia di pendio con inclinazione >21°, per un dislivello $H > 30$ m, l'estremità orientale rientra in parte in un versante con inclinazione >21°, per un dislivello $H > 30$ m (cfr. **Tavola 2**).

2.2. Modello geologico-stratigrafico e strutturale (Figura 1, Tavola 1)

In questo paragrafo viene delineato il quadro geologico della zona, come risulta dalla cartografia geologica regionale "carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo a scala 1:10.000" edizione 2011, Sezione 235110 "Frassinoro". Questa carta tematica, consultabile al sito internet https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia e prodotta in stralcio in **Figura 1**, è basata sul rilevamento geologico originale eseguito alla scala 1:10.000 negli anni 1982÷1996, con aggiornamento delle Unità Geologiche al 2005 e parziale aggiornamento delle coperture al 2011. L'inquadramento geologico che ne risulta viene discusso e ridefinito a scala di dettaglio, alla luce dei dati e dei rilievi specifici di sito, nel Capitolo 4. "Modello stratigrafico e litostratigrafico-tessiturale". La "Carta geologica di sintesi" in scala 1:2.000 di **Tavola 1**, integra in un unico elaborato a scala adeguata le più aggiornate informazioni di carattere geologico.

Il sito rientra in un sistema di versante dell'alto Appennino Emiliano, in cui si osserva la sovrapposizione per sovrascorrimento dei depositi terziari legati alla Successione Cervarola, cui è le «Marne di Civago» (CIV) e le «Arenarie di Monte Cervarola – membro del Torrente Dardagna» (CEV1) del *Miocene*, su cui è modellata rispettivamente la sommità e la pendice settentrionale di Monte Roncadello, alla successione argilloso-calcareo pre-campaniana, che costituisce la parte media e bassa del versante fino al fondovalle. Nello specifico, la successione argilloso-calcareo è rappresentata dalle «Argilliti variegata con calcari» (AVC) del *Cretacico*, così descritte: "Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o are-

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

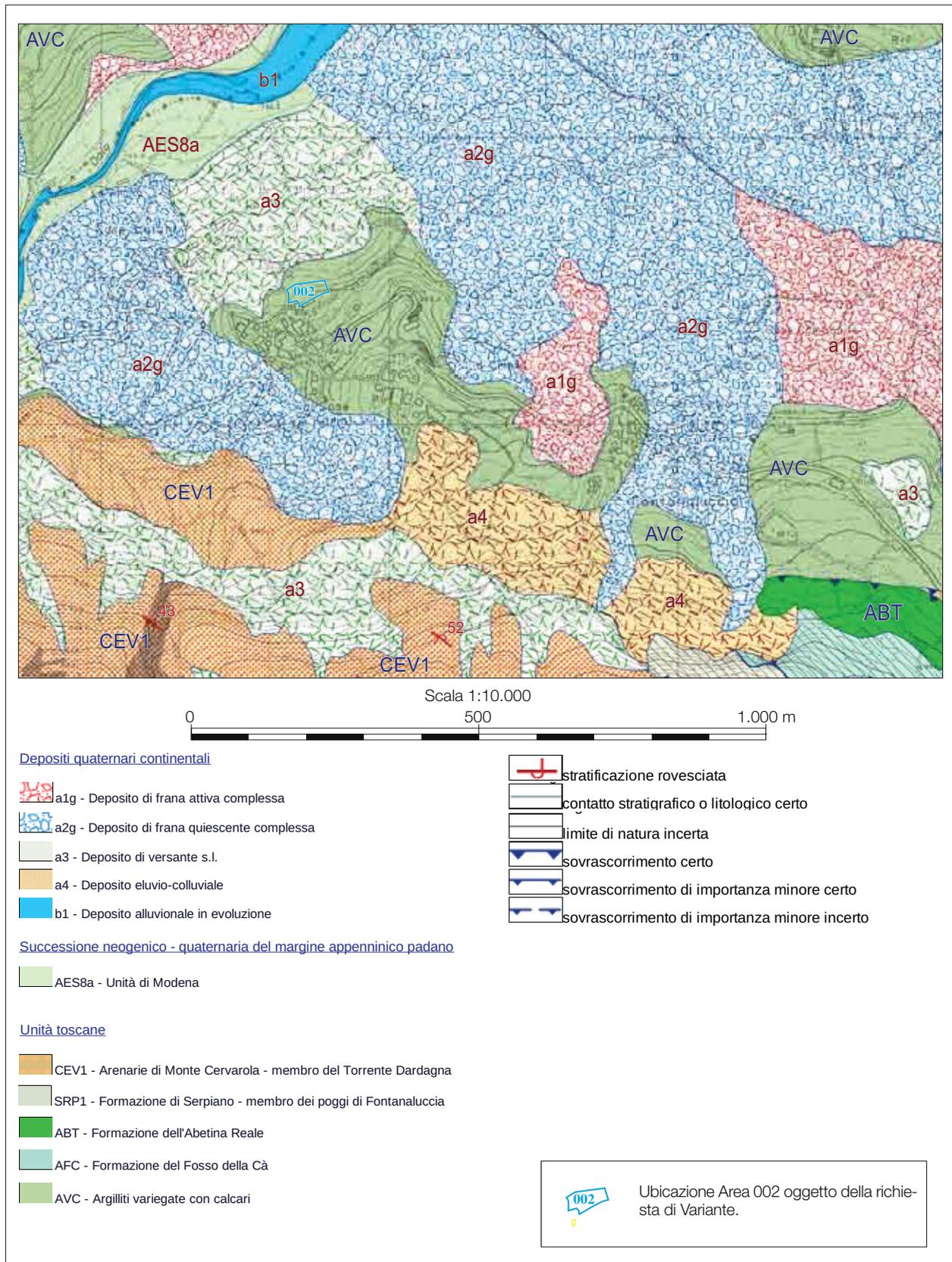


Figura 1. Inquadramento geologico, da: “Carta geologica dell’appennino emiliano-romagnolo”, edizione 2011, Sezione 235110 “Frassinoro” (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

<p>Dott.Geol. ARMANDO CONTI</p> <p>Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)</p> <p>© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it</p>	<p>Dott.Geol. VALTER TRUCCI</p> <p>Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)</p> <p>© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com</p>
---	---

narie fini gradate. Breccie argillitico–calcareae a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1. Localmente presenti arenarie grigio–verdi da fini a grossolane, talora decementate, in strati prevalentemente sottili, che localmente costituiscono la litologia prevalente (ar). Deposito di ambiente marino profondo. Potenza fino a circa 300 m”.

L’Area 002 si sviluppa nella parte medio–bassa del versante, modellata sulle «Argilliti variegata con calcari» (AVC), circa 300 m a valle del contatto con le «Arenarie di Monte Cervarola – membro del Torrente Dardagna» (CEV1), per lo più mascherato da «Depositi quaternari continentali» Il versante è interessato da coltri di «Depositi quaternari continentali», sviluppate soprattutto nella parte medio–bassa (depositi di frana attiva e quiescente complessa, depositi di versante s.l., depositi eluvio–colluviali). In particolare, a valle dell’Area 002 la cartografia geologica regionale (**Figura 1** e **Tavola 1**) segnala un «Deposito di versante s.l.» (a3: accumulo di detrito su versante, sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse; generalmente l’accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato; la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso), che riveste il piede del versante fino al fondovalle.

In genere il substrato pre–quaternario è estensivamente interessato da coperture detritiche senso lato, prodotte da alterazione *in situ* o selezionate dall’azione delle acque di ruscellamento, subordinatamente dalla gravità, in genere non cartografate per lo spessore ridotto. Nell’Area 002 le indagini in sito (cfr. Capitolo 3.) evidenziano infatti la presenza una coltre quaternaria plurimetria al di sopra del substrato.

2.3. Caratterizzazione geomorfologica (Figura 1, Tavola 1)

Il modellamento attualmente più evidente sul territorio è legato all’evoluzione pleistocena della valle fluviale e rientra in un complesso di sistemi idrografici con *thalweg* fortemente incisi e versanti modellati su acclività medio–alte, in relazione alle litologie presenti, e articolati da bacini secondari longitudinali al pendio principale. Il modellamento dei versanti è condizionato dai gruppi di processi tipici dei bacini fluviali dell’Appennino Emiliano, legati all’azione delle acque e della gravità, che producono forme e depositi dovuti a processi erosivi e di sedimentazione lungo gli impluvi e a fenomeni di versante (da erosione a frane con diversa tipologia e grado di evoluzione) sui pendii. In questo scenario, la forte incisione tardo pleistocena–olocenica della rete idrografica (Fiume Secchia – Torrente Dolo) ha portato alla formazione dell’articolato sistema del versante in esame, con lo sviluppo dei processi morfodinamici responsabili della messa in posto dei depositi di frana e delle coltri detritiche.

La parte alta del versante, modellata sui termini litologici prevalentemente lapidei della Successione Cervarola (cfr. § 2.2.), per lo più con direzione degli strati trasversale al pendio, è caratterizzata da una pendenza accentuata e regolare, ed è solcata da rami idrografici pressoché rettilinei profondamente incisi. Le coperture detritiche sono scarse e interessano con una certa continuità solo il piede della ripida pendice. La parte medio–bassa del versante, invece, modellata sulla successione argilloso–calcarea, presenta forme più dolci ed è articolata in numerosi avvalamenti secondari. In particolare, la presenza del substrato argillitico sub–affiorante al di sotto di sottili coperture detritiche s.l. o

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

affiorante, determina sul medio–basso versante un sistema di dorsali secondarie su cui si sviluppano in parte i principali centri abitati della zona. Dalla culminazione di Località La Chiesa (875 m di quota) si sviluppa una pendice delimitata da due dorsali minori che si aprono rispettivamente nella direzioni Nord e Nord–Ovest, affiancate a Est e a Sud–Ovest da ampi avvallamenti interessati da grandi frane quiescenti complesse. Sul fronte, la pendice è interessata da una coltre di «Deposito di versante s.l.» (a3) che la ricopre con continuità fino al fondovalle Dolo. L'Area 002 si sviluppa su questo fronte, poco a monte della coltre detritica cartografata (**Figura 1** e **Tavola 1**).

In sintesi, restringendo le considerazioni al contrno dell'Area 002, la morfologia recente appare condizionata dai processi esclusivamente corticali che rientrano nella normale evoluzione di un pendio sottoposto all'azione mista delle acque e della gravità, con fenomeni di ruscellamento, creep e soliflusso. Questi processi di versante sono potenzialmente ancora attivi, ma limitati nei loro effetti e nella loro evoluzione dall'attività ordinaria di manutenzione del territorio.

2.4. Pericolosità geomorfologica e compatibilità delle previsioni con le condizioni di dissesto esistenti o potenziali (Figure 2 e 3; Tavola 1)

Il modello interpretativo dello stato di “pericolosità geomorfologica” del territorio, legato all'azione di processi morfodinamici e/o alla presenza di determinati tipi di depositi potenzialmente suscettibili di evoluzione a breve–medio termine, è individuato dalla Tavola 2.1.14 (Carte 2 – Carte delle Sicurezze del Territorio; 2.1 Rischio da frana: carta del dissesto) alla scala 1:10.000 del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) approvato con Delibera di Consiglio Provinciale 18 marzo 2009, n° 46. La tavola è prodotta in stralcio in **Figura 2**. Nel modello interpretativo espresso da questa carta tematica, si osserva che l'Area 002 ricade per la sua maggiore estensione al di fuori delle “Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità”, ad eccezione dell'estremità Nord–Est che rientra nei limiti delle “Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato” per presenza di “Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art. 29, comma 2 del P.T.P.R.)” e dell’“Area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato” individuata e perimetrata con il codice 048–ER–MO nel Piano Straordinario di cui alla Legge 3 agosto 1998, n° 267 (PS 267), come modificate e integrate nell'Allegato 4.1 “Atlante cartografico delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico molto elevato” dell'Elaborato n° 2 del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001 (**Figura 3**). Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono individuate sulla base della valutazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico, della relativa pericolosità e del danno atteso. Esse tengono conto sia delle condizioni di rischio attuale sia delle condizioni di rischio potenziale anche conseguente alla realizzazione delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. Per le aree a rischio idrogeologico molto elevato di cui al comma precedente vale la disciplina di cui al Titolo IV dell'Elaborato 7 “Norme di attuazione” del P.A.I. La perimetrazione dell'area 048–ER–MO riprende la perimetrazione dell'Abitato da Consolidare–Fontanaluccia ai sensi della Legge n° 445/1908, mantenendone la distinzione in zone “A”, “B” e “C”. Come si osserva in **Figura 3**, che riporta uno stralcio della perimetrazione dell'area 048–ER–MO (da: Allegato 4.1 “Atlante cartografico delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico molto elevato”, Elaborato n° 2, scala 1:5.000), l'estremità

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

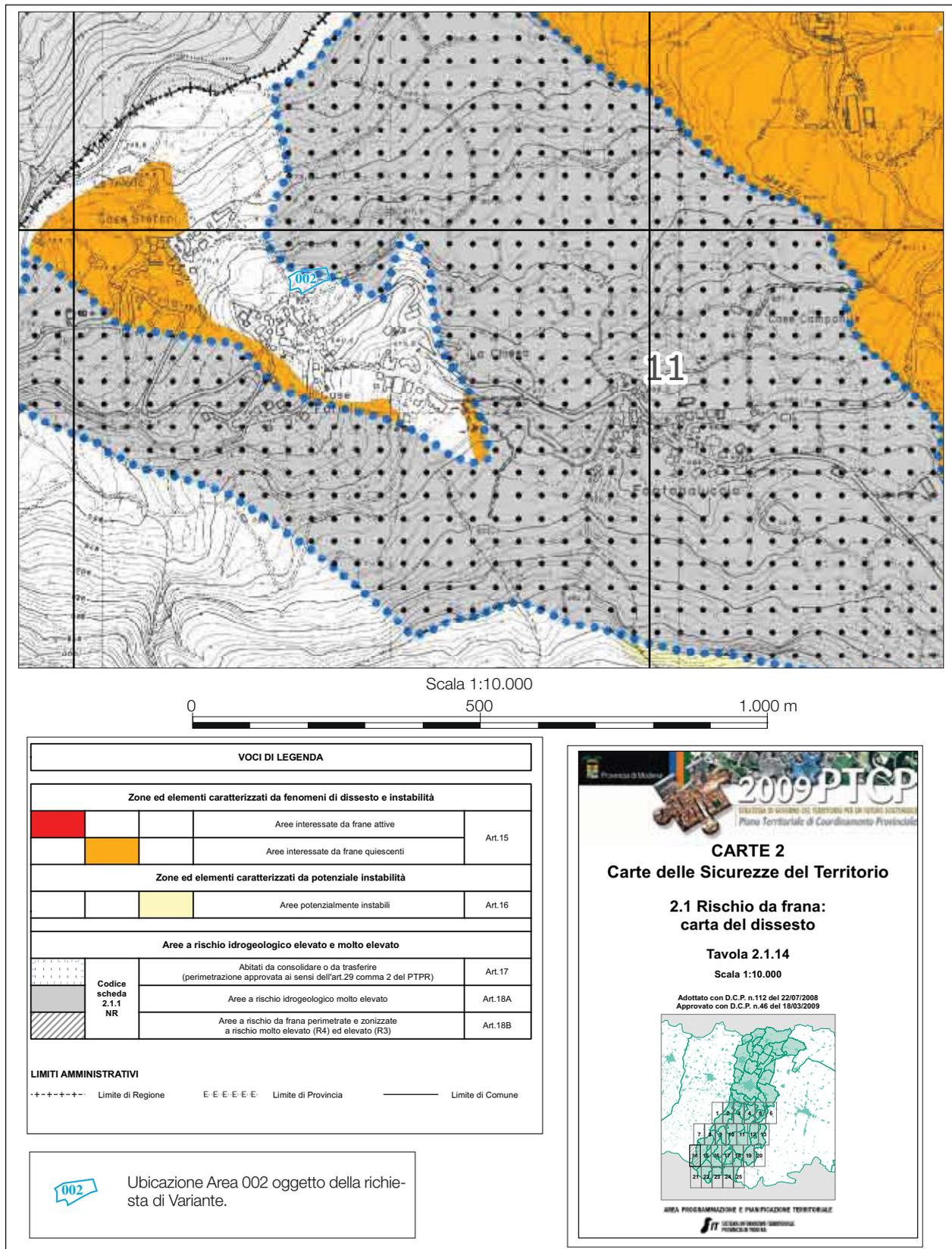


Figura 2. Inquadramento in “Rischio da frana: carta del Dissesto”, Tavola 2.1.14 alla scala 1:10.000 del P.T.C.P. 2009.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

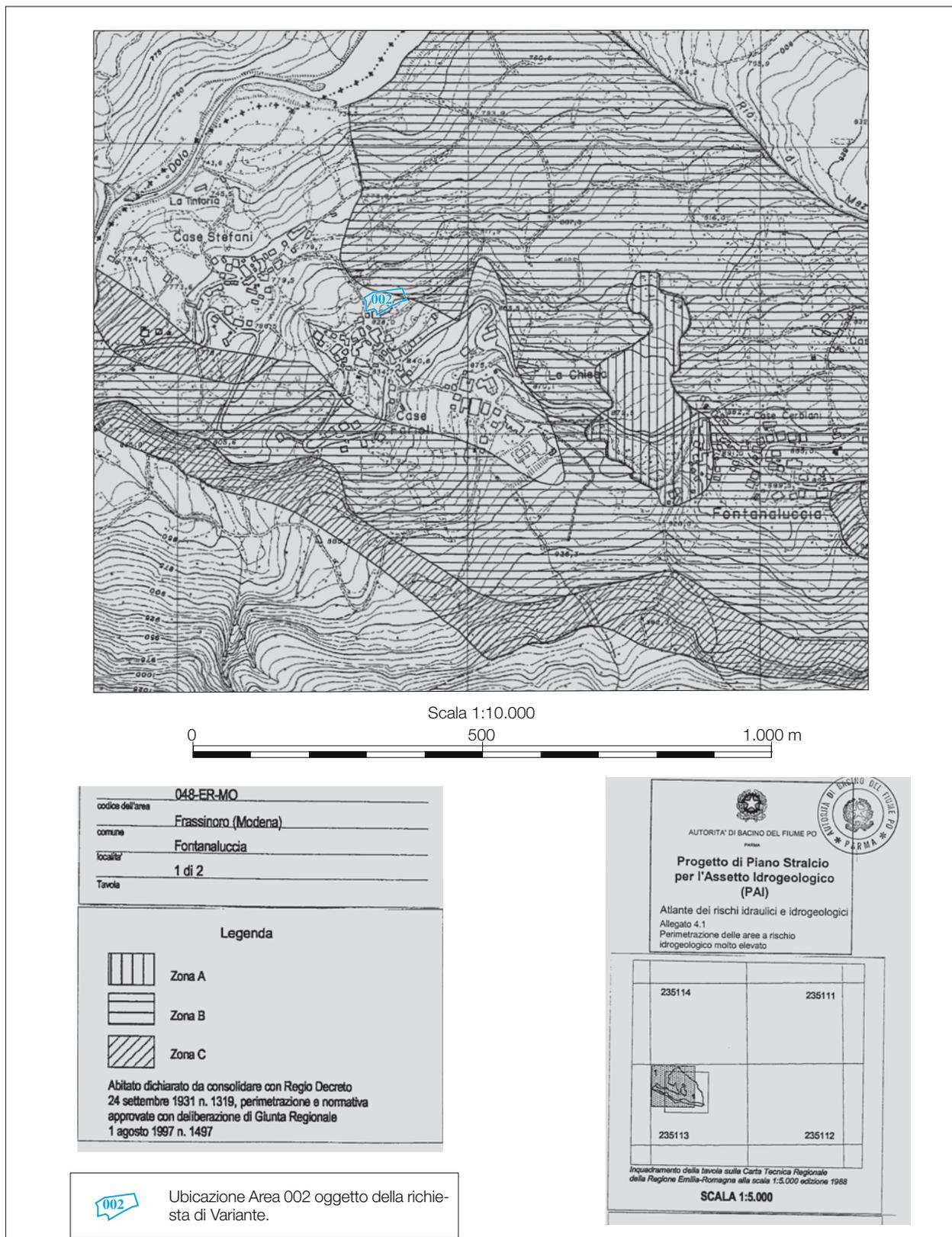


Figura 3. Individuazione e perimetrazione dell'area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato Codice 048-ER-MO (da: Autorità di Bacino del Fiume Po, PAI, Allegato 4.1 "Atlante cartografico delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico molto elevato", Elaborato n° 2, scala originale 1:5.000).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Nord–Est dell’Area 002 rientra nella “Zona B”. La disciplina del Titolo IV dell’Elaborato 7 “Norme di attuazione” del P.A.I. pone limitazioni specifiche solo per la Zona 1 (area instabile o che presenta un’elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall’evoluzione dello stesso) e per la Zona 2 (area potenzialmente interessata dal manifestarsi di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l’intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti), corrispondenti rispettivamente alle Zone “A” e “B”.

Ne consegue che, dal punto di vista normativo, l’estremità Nord–Est dell’Area 002 non potrà essere edificata.

Per quanto riguarda la restante parte dell’area, esterna alle “Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità” (**Figura 3**), l’espressione del giudizio di compatibilità idrogeologica di previsioni edificatorie deriva dalle seguenti considerazioni:

- Nello specifico dei processi morfodinamici che hanno agito sul modellamento locale, il sito rientra in una fascia di territorio non coinvolta né direttamente né indirettamente da frane, su cui hanno agito generici processi corticali di versante dovuti all’azione combinata delle acque e della gravità (cfr. § 2.3.).
- I lineamenti morfologici del versante testimoniano un processo evolutivo avanzato e sostanzialmente stabilizzato sul profilo di equilibrio attuale, in cui le deformazioni plastiche corticali della coltre detritica in concomitanza di episodi di saturazione idrica nei settori non urbanizzati e più acclivi del pendio, rappresentano le manifestazioni residue di un processo evolutivo in via d’esaurimento

La presenza di coltri detritiche in corrispondenza del sito riveste importanza geotecnica per quanto riguarda le scelte progettuali in merito alle fondazioni e al sostegno dei fronti di scavo. I processi corticali di versante potenzialmente ancora attivi su di esse sono ininfluenti in caso di adozione di fondazioni adeguate.

In base alle considerazioni direttamente derivate dagli approfondimenti svolti nei precedenti paragrafi, nelle more delle prescrizioni geologico–tecniche per la corretta esecuzione degli interventi (cfr. Capitolo 7.), l’Area 002, così come delimitata in **Tavola 1**, appare compatibile con le destinazioni di Variante, con l’esclusione dell’estremità Nord–Est per i motivi sopra richiamati.

2.5. Valutazioni idrogeologiche

Il territorio montano è caratterizzato da un sistema idrogeologico complesso, che si esplica su due “livelli” principali che controllano l’infiltrazione, il deflusso, l’immagazzinamento e l’emergenza delle acque sotterranee: il livello geometricamente superiore delle coltri quaternarie e il livello inferiore del substrato geologico prequaternario.

L’infiltrazione e la circolazione delle acque nei mezzi geologici, siano essi depositi o rocce, sono controllate dalla permeabilità, legata a parametri fisici quali: granulometria e grado di cementazione per depositi e rocce; intensità, stile di deformazione e, in ultima analisi, grado di fratturazione per i corpi rocciosi. I rapporti di permeabilità all’interno di ciascun corpo geologico e tra corpi geologici contigui condizionano le velocità e le direzioni di deflusso delle acque sotterranee nello spazio tridimensionale, l’entità degli scambi idrici tra coltri quaternarie e substrato geologico e determinano l’emersione delle acque alla superficie topografica (sorgenti).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Per quanto riguarda il livello geometricamente superiore delle coltri quaternarie, l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi detritici permeabili per porosità, per quanto con permeabilità relativa molto eterogenea in funzione dell'assortimento granulometrico locale. Il deposito detritico rappresenta il recettore naturale in cui tendono a infiltrarsi le acque meteoriche del versante e in cui transitano i deflussi sotterranei provenienti da monte.

Il substrato geologico prequaternario, in riferimento alle Unità Idrostratigrafiche dell'Emilia-Romagna, di cui al modello concettuale adottato a scala regionale (Regione Emilia-Romagna, E.N.I.-A.G.I.P., 1998 "Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna", a cura di G.Di Dio, S.EL.CA., Firenze), rientra nell'Unità Idrogeologica "9" relativa alla catena appenninica emersa, costituita da "argille varicolorate di piana oceanica e complessi prevalentemente argillosi, intensamente tettonizzati, con assetto caotico, inglobanti conglomerati litologicamente eterogenei e brecce ad elementi calcarei, ofiolitici e arenacei; torbiditi argilloso-calcaree e pelitico-arenacee di mare profondo, intensamente tettonizzate (argille scagliose p.p.; Argille Varicolori, Argille a Palombini, Arenarie di Ostia-Scabiazza, Complesso di Casanova, argille a blocchi). *Cretaceo inf.-Sup.*". Si tratta di un complesso che presenta un vasto assortimento di permeabilità, normalmente di tipo secondario per fessurazione. Nel dettaglio locale, rappresenta un substrato a permeabilità mediamente bassa, dovuta alla litologia prevalente delle Argilliti variegata con calcari» (AVC).

In riferimento alle caratteristiche geologico-strutturali del versante (cfr. § 2.2.), si osserva che la sovrapposizione dei depositi terziari della Successione Cervarola, permeabili per fessurazione (Unità Idrogeologica "13"), alla successione argilloso-calcareo a bassa permeabilità, determina nella parte medio-alta della pendice l'affioramento di gran parte delle acque circolanti nei primi al contatto con la seconda e la loro dispersione nei depositi detritici a valle.

I corpi detritici del medio-basso versante sono quindi sede di falde da freatiche a semiconfinata, alimentate con maggiore o minore continuità dalla quota di acque piovane che s'infiltra dalla superficie del suolo e dai deflussi sotterranei da monte, sostenute dalle argilliti calcaree del substrato.

A questo schema è riconducibile la circolazione idrogeologica riscontrata nel sottosuolo del sito, testimoniata dai livelli piezometrici misurati nei perfori di prospezione nelle ore successive all'estrazione del sistema di aste, che hanno individuato acqua a partire da -2,20÷2,40 m dalla superficie del suolo (cfr. Capitolo 3.).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

3. INDAGINI IN SITO

In questa sezione vengono descritti i risultati delle indagini in sito eseguite il 23 agosto 2013 nell'Area 002; si tratta di: n° 3 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (*Dynamic Probing Super Heavy*), spinte nel tetto del substrato geologico, descritte nel § 3.1. e di n° 1 prova geofisica con acquisizione M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per la misura della velocità delle onde sismiche di taglio, descritta nel § 3.2.

3.1. Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (Allegato 1; Figura 4; Tavola 1)

A verifica locale del modello geologico e ad approfondimento degli specifici caratteri stratigrafici, tessiturali e geotecnici dell'Area 002, sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H. (*Dynamic Probing Super Heavy*) spinte nel tetto del substrato di ambiente marino, fino a profondità variabili nell'intervallo 7,40÷9,40 m dalla quota inizio (corrispondente alla superficie del suolo).

Le prove sono state eseguite il 23 agosto 2013. La tecnica esecutiva e il rilevamento dei valori di resistenza sono conformi alle norme UNI EN ISO 22476-2 "Indagini e prove geotecniche – Prove in sito – Parte 2: prova di penetrazione dinamica". Le letture di campagna di N (numero di colpi per avanzamenti di 0,30 m della punta) e la loro elaborazione in termini di Rpd (resistenza dinamica punta), espresse in forma di tabelle e di grafici, sono riportate in **Allegato 1**, unitamente alle caratteristiche tecniche dello strumento utilizzato.

Le n° 3 prove D.P.S.H., di seguito identificate con la sigla DPSH e numerate da 1 a 3, sono state ubicate secondo un allineamento ENE-OSO, mediano rispetto allo sviluppo dell'Area. La loro ubicazione è rappresentata su base Carta Tecnica Regionale portata alla scala 1:2.000 in **Tavola 1**. Considerando la conformazione morfometrica dell'Area, la quota inizio di DPSH 1 (ENE) è rilevata di circa 2 m rispetto a quella di DPSH 3 (OSO), mentre DPSH 2 (centrale) è intermedia.

Il grafico di **Figura 4** riporta a confronto gli andamenti del numero di colpi standardizzato N60 (risultato dalla correlazione, validata dalla letteratura tecnica, dei valori di resistenza N con quelli che risulterebbero da *Standard Penetration Test* in sondaggio). La figura evidenzia la sovrapposizione, in tutte le prove, di tre successioni, ciascuna corrispondente a una "classe" informale di resistenza (Tabella 3.1.I):

- a. Successione superficiale con **N60<10** (valore superato in alcuni orizzonti isolati), dalla quota inizio di ciascuna prova fino a profondità variabili nell'intervallo 5,40÷6,60 m, corrispondente a una coltre di terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente. La distribuzione verticale della resistenza è irregolare, ma in DPSH 1 e 2 si osserva una sub-successione "molto molle" tra 2÷4 m di profondità, meno evidente tra 2÷3 m in DPSH 3.
- b. Successione intermedia caratterizzata da **N=10÷20**, con potenza variabile tra 0,80÷1,90 m e profondità a 7,20÷7,40 m, corrispondente a un terreno da consistente a molto consistente, in tendenziale miglioramento con la profondità.
- c. Successione basale caratterizzata da **N>20**, corrispondente a una compagine rocciosa da molto a estremamente consistente (alla base, in cui lo strumento è andato a rifiuto).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

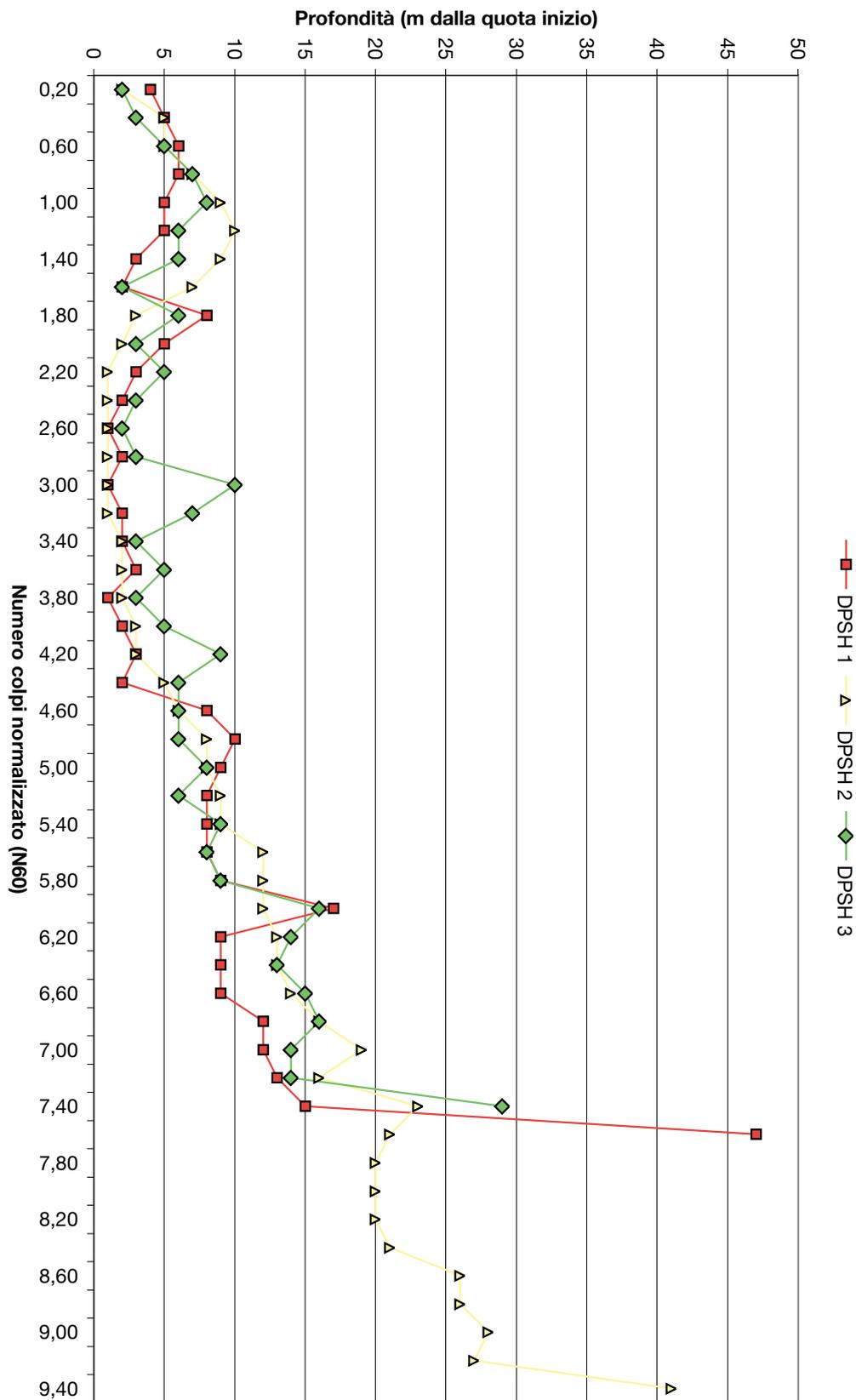


Figura 4. Andamenti del numero di colpi standardizzato (N60) misurato nelle verticali di proiezione penetrometrica DPSH (cfr. Allegato 1).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tabella 3.1.I – Schema di sintesi della situazione stratimetrica risultante dalle prove D.P.S.H. (N60: numero di colpi standardizzato).

SUCCESSIONE	Classe di resistenza	Descrizione	DPSH 1			DPSH 2			DPSH 3		
			N60 effettivo	Profondità base	Potenza	N60 effettivo	Profondità base	Potenza	N60 effettivo	Profondità base	Potenza
	N60		m	m	m	m	m	m	m	m	
a	<10	Terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente.	1÷17	6,60	6,60	1÷10	5,40	5,40	2÷10	5,80	5,80
b	10÷20	Terreno da consistente a molto consistente, in tendenziale miglioramento con la profondità.	12÷15	7,40	0,80	12÷19	7,20	1,80	13÷16	7,20	1,40
c	>20	Compagine rocciosa da molto a estremamente consistente (alla base).	47	>7,60	>0,20	20÷41	>9,40	>2,20	29	>7,40	>0,20

3.2. Prospezione sismica M.A.S.W. (Allegato 2; Tavole 1 e 2)

Il 23 agosto 2013 è stata condotta una prospezione in sismica attiva M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) nell'Area 002. L'interpretazione della M.A.S.W. restituisce, su uno stendimento di 46 m orientato da OSO a ENE, come da tracciato riportato nelle **Tavole 1 e 2**, lungo il quale sono allineati 24 geofoni alla reciproca distanza di 2 m, i dati della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) generate da un'energizzazione meccanica esterna allo stendimento stesso. I dati della prospezione e la loro interpretazione sono riportati per esteso in **Allegato 2**. Per la loro interpretazione in termini di Categoria di sottosuolo e per la caratterizzazione sismica del sito si rimanda al Capitolo 6., § 6.3.2.

Nella Tabella 3.2.I si riporta la stratigrafia sismica risultante, in quanto offre utili riferimenti per la ricostruzione del modello litostratigrafico locale. Prescindendo dalla valutazione minuta degli spessori, che presenta un ampio margine di imprecisione, l'interpretazione di questi dati in termini di profilo stratigrafico deriva, per i primi metri dalla superficie, dal confronto diretto con i risultati delle prove penetrometriche (cfr. § 3.1., Tabella 3.1.I) e, a maggiore profondità, dal confronto con la situazione geologica della zona (cfr. Capitolo 2., § 2.2.):

- Lo strato superficiale, con uno spessore di circa 5,30 m con velocità media di propagazione delle onde sismiche $V_s=158$ m/s è riferibile a un terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente, correlabile sia come spessore che come consistenza alla successione superficiale **a** individuata nei profili penetrometrici.
- Lo strato sottostante, con uno spessore di circa 1,40 m e $V_s=676$ m/s è riferibile a un terreno decisamente più consistente, correlabile alla successione intermedia **b**

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

individuata nei profili penetrometrici, identificabile come il fronte di alterazione al tetto del substrato prequaternario.

- Seguono fino a 30 m di profondità n° 3 strati con profilo di velocità elevato, riferibili alla compagine rocciosa compatta (successione **c**): un primo strato con spessore di circa 1,70 m e $V_s=987$ m/s può essere emesso in relazione con la presenza di un orizzonte calcareo; nello strato sottostante (spessore 4 m) la velocità delle onde di taglio cala a $V_s=738$ m/s, per poi ricrescere a $V_s=790$ m/s per lo strato basale (spessore di almeno 17,60 m).

Tabella 3.2.I – Stratigrafia sismica ottenuta con la prospezione M.A.S.W.

Prospezione M.A.S.W.					CORRELAZIONI					
Profondità degli strati		Potenza	Densità	V_s	Successione D.P.S.H. (Tab. 3.1.i)	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA	UNITÀ GEOLOGICHE (cfr. Cap. 2., § 2.2.)			
<i>m dal p.c.</i>		<i>m</i>	<i>kg/cm³</i>	<i>m/s</i>			a	Terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente.	Deposito detritico s.l.	
<i>da</i>	<i>a</i>									
0,00	5,30	5,30	1,8	158	a	Terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente.			Deposito detritico s.l.	
5,30	6,70	1,40	2,1	676	b	Terreno da consistente a molto consistente, in tendenziale miglioramento con la profondità (compagine rocciosa allentata).	AVC «Argilliti variegata con calcari» (Cretacico)			
6,70	8,40	1,70	2,2	987	c	Compagine rocciosa da molto a estremamente consistente (compagine rocciosa compatta).				
8,40	12,40	4,00	2,2	738						
12,40	30,00	17,60	2,1	790						

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

4. MODELLO STRATIGRAFICO E LITOSTRATIMETRICO–TESSITURALE

In questa sezione il modello geologico–stratigrafico della zona, come risulta dalle cartografie ufficiali e dai dati pregressi (cfr. Capitolo 2., §§ 2.2. e 2.3.; **Figure 1 e 2; Tavola 1**), viene discusso alla luce dei dati ottenuti nel corso delle indagini in sito descritte nel Capitolo 3.

Le n° 3 prove D.P.S.H. (cfr. Capitolo 3., § 3.1., Tabella 3.1.I; **Tavola 1**) hanno individuato nell'Area 002 una copertura quaternaria con potenza tra 5÷7 m su di un substrato prequaternario compatibile con la presenza delle «Argilliti variegata con calcari» (AVC) del *Cretacico*.

Per quanto riguarda la tipologia del deposito quaternario, in assenza di forme riconducibili a un modellamento per frana del versante locale, si ritiene ragionevole attribuirlo al prodotto di alterazione *in situ*, selezionato dalle acque di ruscellamento e in subordine dalla gravità, rientrando nella tipologia di un deposito di versante senso lato. Non si esclude la presenza di materiali di riporto antropico, soprattutto per quanto riguarda la verticale DPSH 1.

In questo quadro, la correlazione dei dati litostratimetrici e sismici delinea un modello stratigrafico e litostratimetrico–tessiturale condizionato dalla sovrapposizione di:

- [1] Coltre detritica prevalentemente fine, prodotta da alterazione in sito e limitatamente mobilizzata da processi di versante, con locali riporti. Lo spessore varia da un minimo di 5,40 m (DPSH 2) a un massimo di 6,60 m (DPSH 1), con variazioni probabilmente connesse sia alla morfologia persistente all'accumulo, che al rimaneggiamento antropico localizzato. Dal punto di vista litotecnico è classificabile come "Terra di copertura".
- [2] Argilliti calcaree cretache riconducibili alle «Argilliti variegata con calcari» (AVC), presenti fino a oltre 30 m di profondità. Dal punto di vista litotecnico sono classificabili come "Argille scagliose", cioè argille intensamente tettonizzate, argilliti: unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione. Nel suo profilo si riconoscono:
 - [2.a] Un fronte allentato da alterazione e detensionamento, con caratteristiche fisiche e meccaniche in tendenziale, anche se irregolare, miglioramento con la profondità, parallelamente all'attenuazione dei processi di alterazione e all'aumento della pressione litostatica. Lo spessore è da submetrico a ultrametrico
 - [2.b] Una compagine più compatta con caratteristiche fisiche e meccaniche in progressivo miglioramento con la profondità, in cui le prove D.P.S.H. sono andate a rifiuto strumentale.

La Tabella 4.I. illustra in sintesi il modello stratigrafico e litostratimetrico–tessiturale sopra descritto. Questo modello preliminare sarà verificata con indagini dirette a maggiore profondità nelle successive fasi pianificatorie e progettuali (cfr. Capitolo 7.).

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1. Base dati (Allegato 1, Tavola 1)

La caratterizzazione geotecnica del sito deriva dall'interpretazione dei dati registrati nelle penetrometrie dinamiche D.P.S.H. (*Dynamic Probing Super Heavy*) condotte su n°3 verticali (cfr. Capitolo 3., § 3.1., Tabella 3.1.I; **Figura 4; Allegato 1; Tavola 1**), applicando ai valori standardizzati N60, per la loro interpretazione in termini di caratteristiche fisiche e meccaniche, correlazioni opportunamente selezionate in funzione del tipo di strumentazione utilizzata e della litologia del sottosuolo:

- Dr (Densità relativa), *Terzaghi e Peck, 1948–1967*.
- ϕ' (Angolo di resistenza al taglio), *Peck, Hanson & Thorburn, 1953–1967*.
- E' (Modulo di deformazione drenato), *D'Appollonia et alii, 1970*.
- W% (Contenuto d'acqua).
- e (Indice dei vuoti).
- Cu (Resistenza non drenata), *Terzaghi e Peck, 1948–1967*.
- γ (Densità, Sat: satura, d: secca), *Bowles, 1982 e Terzaghi e Peck, 1948–1967*.

5.2. Considerazioni generali sui dati: limiti e approssimazioni

Il principale limite sistematico del metodo utilizzato per la definizione dei parametri geotecnici del terreno è dovuto al fatto che l'interpretazione delle prove penetrometriche comporta delle approssimazioni, soprattutto per quanto riguarda le grandezze relative alla deformabilità del mezzo geologico.

Un altro limite riguarda la profondità raggiunta dalle prospezioni, che sono state condotte fino alla profondità massima di 9,40 m. I corpi geologici esplorati corrispondono all'Unità Litotecnica [1] "Terra di copertura" e alla parte superiore dell'Unità Litotecnica [2] "Argille scagliose", corrispondente alla Sub-unità [2.a], fronte allentato, e al tetto della Sub-unità [2.b], substrato più compatto (cfr. Capitolo 3., § 3.1., Tabella 3.1.I.; **Allegato 1**).

Comunque, dal momento che nell'Unità Litotecnica [2] le caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno tendono a migliorare con la profondità, la resistenza meccanica del terreno attesa al di sotto della profondità indagata su ciascuna verticale di prova è non inferiore a quella individuata alla base delle prove stesse.

Il modello preliminare risultante sarà verificata con indagini dirette a maggiore profondità nelle successive fasi pianificatorie e progettuali (cfr. Capitolo 7.).

5.3. Profilo geotecnico

Nelle colonne centrali delle seguenti Tabelle 5.3.I ÷ 5.3.III sono prodotti, come dati nominali disaggregati per ogni orizzonte di 0,20 m di spessore, i parametri geotecnici stimati dalle misure in campo per le prove penetrometriche da DPSH 1 a DPSH 3. La parametrizzazione geotecnica del terreno deriva dai valori standardizzati N60, applicando le correlazioni di cui al § 5.1.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Per la lettura delle tabelle in relazione al comportamento geotecnico prevalente dei terreni, si tenga presente quanto segue:

- La “Terra di copertura” (Unità Litotecnica [2]), si configura come un deposito il cui comportamento geotecnico è determinato dall’abbondanza relativa delle frazioni pelitiche e clastiche; tuttavia, per motivi di sicurezza, si considera la matrice pelitica prevalente e determinante per il comportamento geotecnico complessivo; in termini di tensioni totali è riconducibile a un terreno da “molto molle” a “consistente” e in termini di tensioni efficaci a un deposito da “molto sciolto” a “mediamente addensato”, nel senso di *Terzaghi e Peck, 1948–1967*.
- I depositi della Sub-unità Litotecnica [2.a] si configurano come depositi con consistenza tendenzialmente, anche se irregolarmente, crescente con la profondità da “consistenti” a “molto consistenti” (tensioni totali) o “mediamente addensati” (tensioni efficaci).
- I depositi della Sub-unità Litotecnica [2.b], presentano, in funzione del grado di fratturazione, un comportamento geotecnico da “molto consistente” a “estremamente consistente” o “addensato”, in progressivo miglioramento con la profondità.

Ai fini di agevolare le valutazioni, nella colonna di destra delle Tabelle (Parametri geotecnici, elaborazioni statistiche), sono riportati a livello di proposta preliminare i risultati delle elaborazioni statistiche operate sul *data-set*, al fine di individuare i valori caratteristici (N_k) dei principali parametri geotecnici mobilitati dall’azione delle fondazioni: C_u (Resistenza non drenata), ϕ' (Angolo di resistenza al taglio) e γ (Peso dell’unità di volume). In questa prima elaborazione, per ciascun parametro, quando la serie di dati sia sufficientemente significativa, sono riportati i valori minimo, medio e al 5° percentile del *data-set* in distribuzione normale.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tabella 5.3.I – Interpretazione in termini di parametri geotecnici dei dati penetrometrici misurati in DPSH 1, rapportati alle Unità e Sub-unità Litotecniche di cui alla Tabella 4.1.I.

PROVA PENETROMETRICA DPSH 1																	
UNITÀ LITOTECNICHE	Prof. (m)		Nsppt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				PARAMETRI GEOTECNICI ELABORAZIONI STATISTICHE				
				DR	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Parametro	Minimo	Media	5° percent.	
[1]	0.00	0.20	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061	Cu,k kg/cm ² ϕ' ,k ° γ ,k kg/dm ³	0,06	0,34	0,06	
	0.20	0.40	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061					
	0.40	0.80	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000					
	0.80	1.20	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061					
	1.20	1.40	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194					
	1.40	1.60	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	1.60	1.80	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945					
	1.80	2.00	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061					
	2.00	2.20	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194					
	2.20	2.40	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	2.40	2.60	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519					
	2.60	2.80	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	2.80	3.00	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519					
	3.00	3.40	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	3.40	3.60	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194					
	3.60	3.80	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519					
	3.80	4.00	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	4.00	4.20	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194					
	4.20	4.40	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267					
	4.40	4.60	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945					
4.60	4.80	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892						
4.80	5.00	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918						
5.00	5.60	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945						
5.60	5.80	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918						
5.80	6.00	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	1.06	1.98	27	0.729						
6.00	6.60	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918						
[2]	[2.a]	6.60	7.00	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842	Cu,k kg/cm ²	0,75	0,81	-
		7.00	7.20	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818	ϕ' ,k °	30,6	30,9	-
		7.20	7.40	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773	γ ,k kg/dm ³	1,92	1,93	-
[2.b]	7.40	7.60	47	82.0	40.3	554	2.14	1.82	2.94	2.35	10	0.262					

DR % = densità relativa σ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

UNITÀ LITOTECNICHE				
[1]	Terra di copertura.			
[2]	Argille scagliose: argille intensamente tettonizzate, argilliti: unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione.			
	<table border="1"> <tr> <td>[2.a]</td> <td>Fronte allentato.</td> </tr> <tr> <td>[2.b]</td> <td>Compagine rocciosa più compatta.</td> </tr> </table>	[2.a]	Fronte allentato.	[2.b]
[2.a]	Fronte allentato.			
[2.b]	Compagine rocciosa più compatta.			

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tabella 5.3.II – Interpretazione in termini di parametri geotecnici dei dati penetrometrici misurati in DPSH 2, rapportati alle Unità e Sub-unità Litotecniche di cui alla Tabella 4.1.I.

PROVA PENETROMETRICA DPSH 2																
UNITÀ LITOTECNICHE	Prof. (m)		Nsppt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				PARAMETRI GEOTECNICI ELABORAZIONI STATISTICHE				
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Parametro	Minimo	Media	5° percent.
[1]	0.00	0.20	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----		
	0.20	0.60	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	0.60	0.80	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972				
	0.80	1.00	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918				
	1.00	1.20	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892				
	1.20	1.40	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918				
	1.40	1.60	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972				
	1.60	1.80	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194	Cu,k kg/cm ²	0,06	0,29	0,06
	1.80	2.00	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267	ϕ',k °	26,4	27,9	26,4
	2.00	3.20	1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519	γ,k kg/dm ³	1,68	1,80	1,68
	3.20	3.80	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267				
	3.80	4.20	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	4.20	4.40	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	4.40	4.60	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000				
	4.60	5.00	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945				
5.00	5.40	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918					
[2]	5.40	6.00	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842				
	6.00	6.40	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818	Cu,k kg/cm ²	0,75	0,88	0,75
	6.40	6.60	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795	ϕ',k °	30,6	31,2	30,6
	6.60	6.80	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750	γ,k kg/dm ³	1,92	1,95	1,92
	6.80	7.00	19	48.5	32.7	338	1.98	1.58	1.19	2.01	26	0.687				
	7.00	7.20	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750				
	7.20	7.40	23	54.5	33.9	369	2.01	1.62	1.44	2.06	23	0.610				
	7.40	7.60	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648				
	7.60	8.20	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667	Cu,k kg/cm ²	1,25	1,25	1,25
	8.20	8.40	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	1.31	2.03	24	0.648	ϕ',k °	33,0	33,0	33,0
	8.40	8.80	26	59.0	34.8	392	2.03	1.65	1.63	2.09	21	0.556	γ,k kg/dm ³	2,02	2,02	2,02
	8.80	9.00	28	62.0	35.4	407	2.04	1.67	1.75	2.12	19	0.522				
	9.00	9.20	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	1.69	2.10	20	0.539				
	9.20	9.40	41	76.0	38.8	507	2.10	1.77	2.56	2.27	12	0.334				
	DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm ²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm ²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m ³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno															
UNITÀ LITOTECNICHE																
[1]	Terra di copertura.															
[2]	Argille scagliose: argille intensamente tettonizzate, argilliti: unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione.				[2.a]	Fronte allentato.										
	[2.b]	Compagine rocciosa più compatta.														

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tabella 5.3.III – Interpretazione in termini di parametri geotecnici dei dati penetrometrici misurati in DPSH 3, rapportati alle Unità e Sub-unità Litotecniche di cui alla Tabella 4.1.I.

PROVA PENETROMETRICA DPSH 3																
UNITÀ LITOTECNICHE	Prof. (m)		Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				PARAMETRI GEOTECNICI ELABORAZIONI STATISTICHE				
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Parametro	Minimo	Media	5° percent.
[1]	0.00	0.20	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----		
	0.20	0.40	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	0.40	0.60	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	0.60	0.80	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972				
	0.80	1.00	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945				
	1.00	1.40	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000				
	1.40	1.60	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267				
	1.60	1.80	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000				
	1.80	2.00	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	2.00	2.20	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	2.20	2.40	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	2.40	2.60	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267				
	2.60	2.80	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194	Cu,k kg/cm ²	0,13	0,36	0,15
	2.80	3.00	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892	ϕ',k °	26,8	28,3	27,0
	3.00	3.20	7	25.0	28.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972	γ,k kg/dm ³	1,75	1,83	1,76
	3.20	3.40	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	3.40	3.60	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	3.60	3.80	3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194				
	3.80	4.00	5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061				
	4.00	4.20	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918				
4.20	4.80	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000					
4.80	5.00	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945					
5.00	5.20	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000					
5.20	5.40	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918					
5.40	5.60	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945					
5.60	5.80	9	31.7	29.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34	0.918					
[2]	5.80	6.00	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750				
	6.00	6.20	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795	Cu,k kg/cm ²	0,81	0,91	0,83
	6.20	6.40	13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818	ϕ',k °	30,9	31,4	31,0
	6.40	6.60	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773	γ,k kg/dm ³	1,93	1,95	1,94
	6.60	6.80	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750				
	6.80	7.20	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795				
[2.b]	7.20	7.40	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506				
DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm ²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm ²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m ³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno																
UNITÀ LITOTECNICHE																
[1]	Terra di copertura.															
[2]	Argille scagliose: argille intensamente tettonizzate, argilliti: unità costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione.				[2.a]	Fronte allentato.										
					[2.b]	Compagine rocciosa più compatta.										

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

6. ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

6.1. Classificazione sismica

Il Comune di Frassinoro (MO) è inserito nella Zona 2 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003 (Allegato B della Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna, Progr. n° 1677/2005).

6.2. Aree suscettibili di effetti locali – primo livello di approfondimento (Figura 5; Tavola 2)

In questo paragrafo sono prese in considerazione le condizioni fisiche locali, intese come aspetti geologici e geomorfologici del territorio, che possono determinare effetti locali di amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità, fenomeni di liquefazione, ecc. («Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”», Allegato A1 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007).

Le informazioni di seguito riportate, illustrate nella “Carta di microzonazione sismica” alla scala 1:2.000 di **Tavola 2**, sono desunte dalle cartografie tematiche ufficiali (Regione, Provincia, Comune) e dai rilievi e indagini specifiche eseguite nel sito. In proposito, il punto di riferimento è la Tavola 2.2 b.14 (Carte 2 – Carte delle Sicurezze del Territorio; 2.2 Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali) alla scala 1:10.000 del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) approvato con Delibera di Consiglio Provinciale 18 marzo 2009, n° 46, prodotta in stralcio in **Figura 5**.

L'Area 002 è potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche (copertura quaternaria con potenza tra 5÷7 m, formata da depositi di terreni coesivi poco consistenti, con NSPT < 15 o Cu<70 kPa). Solo per l'estremità Nord-Est, già ricompresa nell'“Area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato” 048-ER-MO del PAI e quindi esclusa dall'edificazione, si aggiungono la potenziale instabilità e le caratteristiche topografiche che possono determinare amplificazione del segnale sismico.

6.3. Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata (Tavole 2 e 3)

In accordo con la “carta delle aree suscettibili di effetti locali” (Tavola 2.2 b.14 del P.T.C.P. 2009; **Figura 5**), le analisi del primo livello individuano il sito come un'area che necessita di una seconda fase di approfondimento al fine di valutarne la pericolosità sismica e analizzarne la risposta sismica locale. Dal momento che l'estremità Nord-Est dell'Area 002 è esclusa a priori da future previsioni costruttive (cfr. **Tavola 1**) e che nell'ambito della restante area lo spessore cumulativo del deposito alluvionale terrazzato può essere considerato relativamente omogeneo, si produce in questa sede un secondo livello di approfondimento un'analisi semplificata, come da Allegato A alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale progr. n° 112 – oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007.

I risultati ottenuti sono illustrati graficamente nella “Carta di microzonazione sismica” alla scala 1:1.000 di **Tavola 2** e nella Sezione di **Tavola 3**, alla scala 1:1.000.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

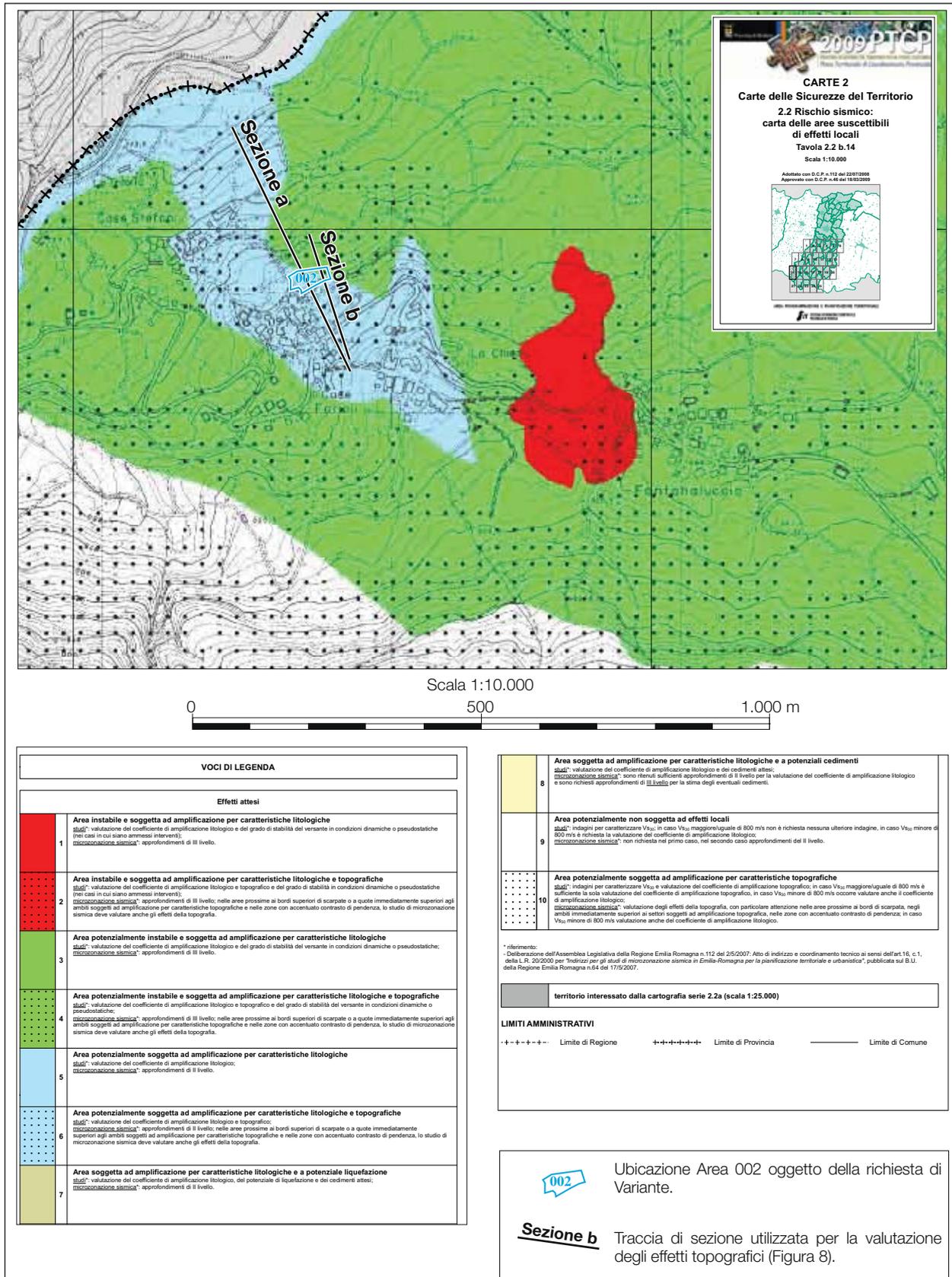


Figura 5. Inquadramento nella "Carta del Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali", Tavola 2.2 b.14 alla scala 1:10.000 del P.T.C.P. 2009.

Dott. Geol. ARMANDO CONTI Via P. Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Dott. Geol. VALTER TRUCCI Via A. Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com
---	---

6.3.1. Pericolosità sismica di base (Figure 6 e 7)

Come elemento di riferimento per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in Tabella 6.3.1 sono riportati i dati di base che identificano la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, forniti in termini di *valore di accelerazione orizzontale massima del terreno* (a_g) e dei parametri: *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale* (F_0) e *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale* (T_c^*), per periodi di ritorno T_r di riferimento.

Tali valori derivano dagli studi condotti a livello nazionale in funzione di quelli definiti nei nodi del reticolo di riferimento ID 17606, 17607, 17828 e 17829, che contengono il sito, al quale sono state assegnate le coordinate WGS 84: 44,26768° di Latitudine Nord e 10,50762° di Longitudine Est (Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008), elaborati tramite il programma “Spettri NTC Ver. 1.1.0.3.”.

Tabella 6.3.1 – Valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per periodi di ritorno T_r di riferimento.

T_r	a_g	F_0	T_c^*
[anni]	[g]	[-]	[s]
30	0,061	2,449	0,249
50	0,078	2,435	0,259
72	0,092	2,436	0,263
101	0,107	2,436	0,267
140	0,122	2,429	0,273
201	0,142	2,400	0,278
475	0,193	2,392	0,289
975	0,244	2,407	0,295
2475	0,321	2,446	0,318

In **Figura 6** e in **Figura 7** sono riportati rispettivamente i grafici della variabilità dei parametri con il periodo di ritorno T_r e gli spettri di risposta elastici.

6.3.2. Categoria di sottosuolo (Allegato 2; Tavole 1 e 2)

La categoria di sottosuolo è stata determinata per correlazione con i risultati di una misura diretta della velocità di propagazione delle onde sismiche, ottenuta mediante una prospezione in sismica attiva M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) eseguita il 23 agosto 2013. L'interpretazione della M.A.S.W. restituisce, su uno stendimento di 46 m orientato da OSO a ENE, come da tracciato riportato in **Tavola 1** e in **Tavola 2** lungo il quale sono allineati 24 geofoni alla reciproca distanza di 2 m, i dati della velocità media delle onde sismiche di taglio (V_s) generate da un'energizzazione meccanica esterna allo stendimento stesso. I dati della prospezione e la loro interpretazione sono riportati per esteso in Allegato 2.

Di seguito sono riassunti i risultati.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

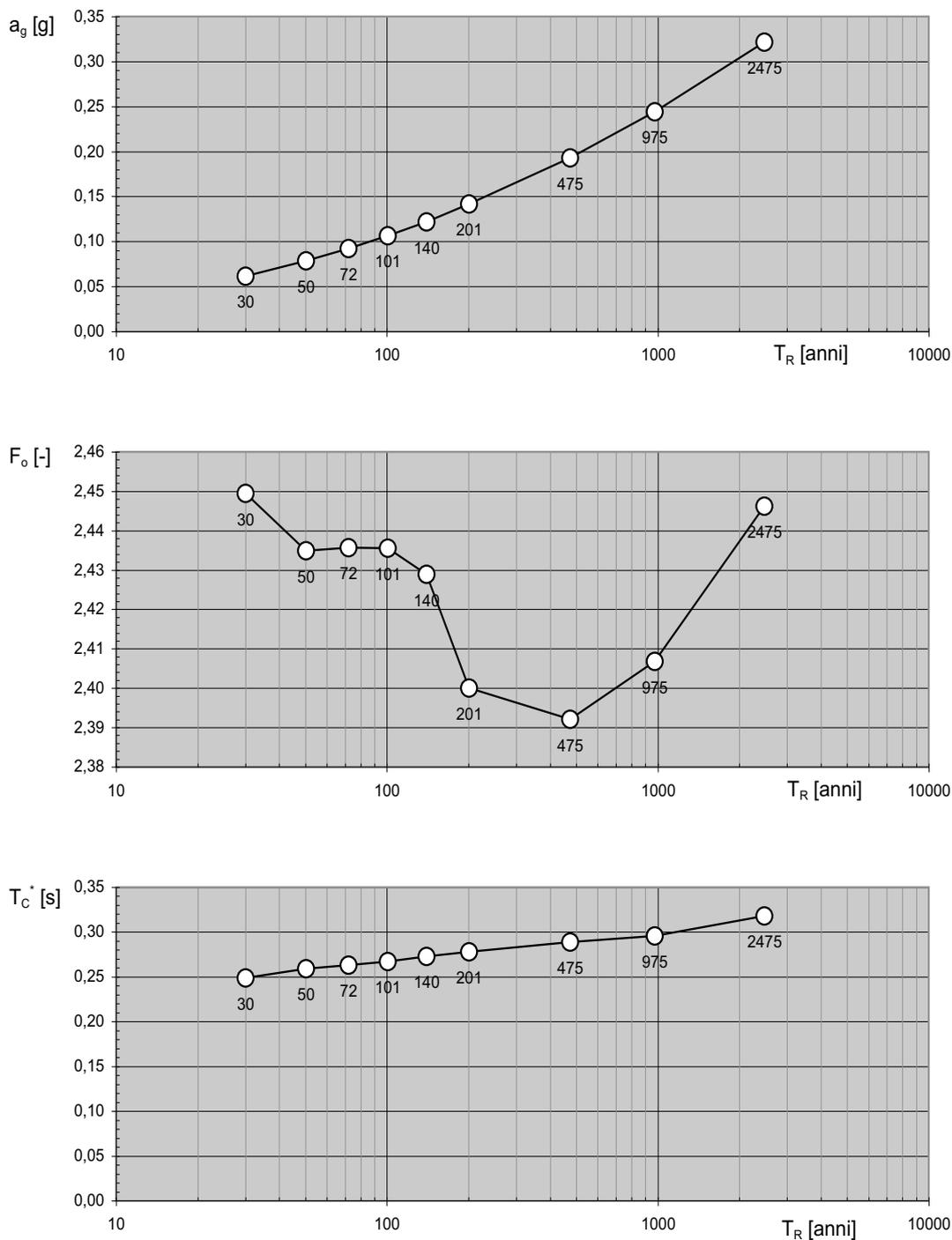
Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* : variabilità col periodo di ritorno T_R 

Figura 6. Variabilità dei parametri che identificano la pericolosità sismica in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per periodi di ritorno T_R di riferimento.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

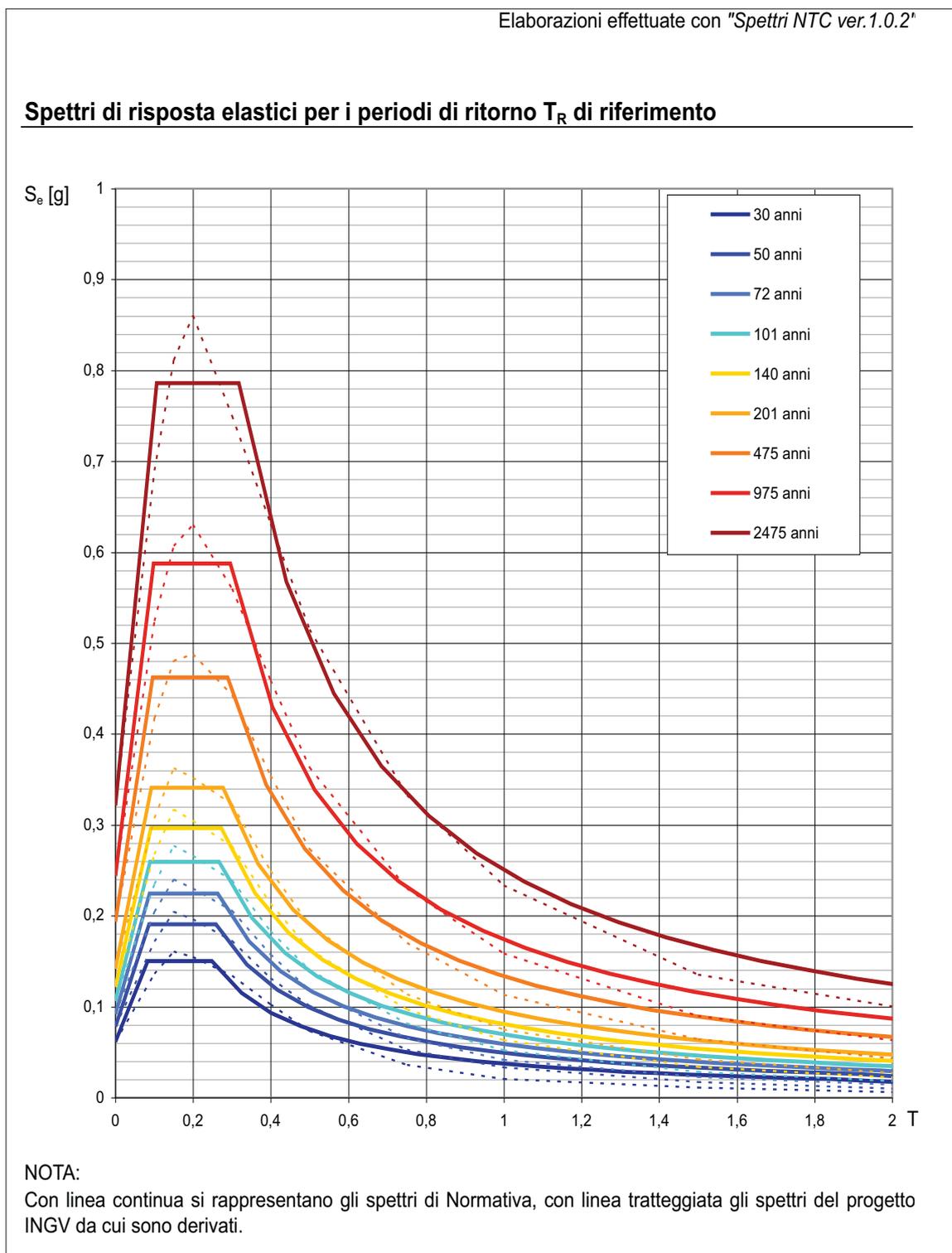


Figura 7. Spettri di risposta elastici in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, per periodi di ritorno T_R di riferimento.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tabella 6.3.II – Stratigrafia sismica ottenuta con la prospezione M.A.S.W.

Prospezione M.A.S.W.					CORRELAZIONI					
Profondità degli strati		Potenza	Densità	Vs	Successione D.P.S.H. (Tab. 3.1.1)	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA	UNITÀ GEOLOGICHE (cfr. Cap. 2., § 2.2.)			
<i>m dal p.c.</i>		<i>m</i>	<i>kg/cm³</i>	<i>m/s</i>			a	Terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente.	Deposito detritico s.l.	
<i>da</i>	<i>a</i>									
0,00	5,30	5,30	1,8	158	a	Terreno prevalentemente fine, da molto molle a consistente.				
5,30	6,70	1,40	2,1	676	b	Terreno da consistente a molto consistente, in tendenziale miglioramento con la profondità (compagine rocciosa allentata).	AVC «Argilliti variegata con calcari» (Cretacico)			
6,70	8,40	1,70	2,2	987	c	Compagine rocciosa da molto a estremamente consistente (compagine rocciosa compatta).				
8,40	12,40	4,00	2,2	738						
12,40	30,00	17,60	2,1	790						

Per il relativo commento si rimanda al Capitolo 3., § 3.2.

La prova ha raggiunto il *bedrock* sismico ($V_{s,30} \geq 800$ m/s) a -6,70 m di profondità (cfr. **Figura 7.a**).

Nella seguente Tabella 6.3.III sono riassunti i risultati in termini di $V_{s,30}$.

Tabella 6.3.III – Categoria di sottosuolo (calcolo della $V_{s,30}$).

Prospezione M.A.S.W.				
Profondità		Potenza	Vs	Tipo di suolo
<i>m dal p.c.</i>		<i>m</i>	<i>m/s</i>	Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008
<i>da</i>	<i>a</i>			
0,0	5,0	5	$V_{s,5}=158$	–
0,0	20,0	20	$V_{s,20}=383$	–
0,0	30,0	30	$V_{s,30}=463$	B

Il dato della $V_{s,30}$ in sé rientra nell'intervallo di velocità ascrivibile a un sottosuolo di **Categoria B** (valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s; cfr. Tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008), anche considerando un margine di errore del $15 \div 20$ % nella determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s), accreditato dalla letteratura accreditata alle prove M.A.S.W., per cui $V_{s,30} = 463 - 93 = 370$ m/s). Tuttavia, come risulta dalla Tabella 6.3.II, ci si trova di fronte a una configurazione

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
☎ 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	☎ e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

stratigrafica in cui si riconosce un terreno di **Categoria E** (come definita in Tabella 3.2.II, delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008): “*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)*”, dal momento che, come schematizzato nella Tabella 6.3.IV, la coltre superficiale (cioè la cumulativa degli “strati” **a** e **b** della Tabella 6.3.II), potente 6,70 m, caratterizzata da una velocità sismica $V_{s,H}=188$ m/s, è riconducibile alla **Categoria C** (o **D**, tenendo conto del margine di errore connesso alla misura), direttamente sovrapposto a quello che può essere considerato il *bedrock sismico*.

Tabella 6.3.IV – Categoria di sottosuolo (ricostruzione stratigrafica).

Prospezione M.A.S.W.					
Profondità		Potenza	V_s	Tipo di suolo	
<i>m dal p.c.</i>		<i>m</i>	<i>m/s</i>	Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008	
<i>da</i>	<i>a</i>				
0,0	6,70	6,70	188	C (D)	E
6,70	30,00	23,30	792	<i>Bedrock sismico</i>	

6.3.3. Coefficienti di amplificazione S_s e C_c (Tabella 3.2.V delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008).

Nell'ipotesi di previsione nell'Area 002 in Variante di opere di “importanza normale” di Tipo 2 (Tabella 2.4.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008), con Vita Nominale $V_N \geq 50$ anni e di Classe II, con coefficiente d'uso $C_U=1$ (Tabella 2.4.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008), il periodo di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche sulla costruzione risulta $V_R=50$ anni.

Considerando per le costruzioni lo “Stato Limite di salvaguardia della Vita” (SLV), la probabilità di superamento (P_{V_R}) nel periodo di riferimento V_R è pari al 10% (Tabella 3.2.I delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008).

A questo punto è possibile calcolare il Tempo di Ritorno (T_R) utile per la stima dei coefficienti, pari a $T_R=475$ anni (Circolare 2 febbraio 2009, n° 617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, Tabella C.3.2.I).

Come da espressioni riportate in Tabella 3.2.V delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, i coefficienti stratigrafico S_s che modifica il valore del periodo forma spettrale su sottosuolo di categoria “A”, e il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c , per un sottosuolo di categoria di sottosuolo “C” valgono:

- $S_s = 1,49$
- $C_c = 1,89$

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

6.3.4. Fattori di Amplificazione sismica P.G.A. e Intensità Spettrale (Allegato A2 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale n° 3121 del 2 maggio 2007)

In riferimento alla Tabella A2.1.1 “Appennino e margine appenninico padano” del citato Allegato A2, sulla base dei risultati della prospezione M.A.S.W. (substrato marino caratterizzato da $V_s \approx 800$ m/s e $V_{s,H} = 188$ m/s, ove $H = 6,70$ m), i Fattori di Amplificazione (F.A.) valgono:

- F.A. P.G.A. = 2,0
- F.A. Intensità Spettrale = 1,8, per $0,1 \text{ s} < T_0 < 0,5 \text{ s}$
- F.A. Intensità Spettrale = 1,0, per $0,5 \text{ s} < T_0 < 1,0 \text{ s}$

6.3.5. Effetti della topografia (Figura 8)

Per verificare l'effetto della topografia sul settore interessato dalle previsioni costruttive è stata condotta una verifica per il calcolo del coefficiente di amplificazione topografica da utilizzare in sede di progettazione su due sezioni significative, ricostruite sulle quote C.T.R. (cfr. tracce in **Figura 5**).

I risultati della verifica, condotta secondo le indicazioni contenute nell'Allegato A2 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale n° 3121 del 2 maggio 2007, sono illustrati in **Figura 8**, ove si osserva che il coefficiente di amplificazione topografica assume il valore $S_T = 1$ per entrambe le sezioni.

6.3.6. Spettri di risposta (Figura 9)

Nella **Figura 9** è riportato lo spettro di risposta di progetto calcolato sulla base dei risultati della prospezione M.A.S.W. con due diverse metodologie: a) Equazione di risonanza; b) H.V.S.R.

I risultati sono riassunti nella seguente Tabella 6.3.V.

Tabella 6.3.V – Spettri di risposta di progetto calcolati sui dati M.A.S.W.

M.A.S.W.	Equazione di risonanza		HSVR
	Periodo	Frequenza	Frequenza 1° picco
	s	Hz	Hz
n° 1	0,1	10	7

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

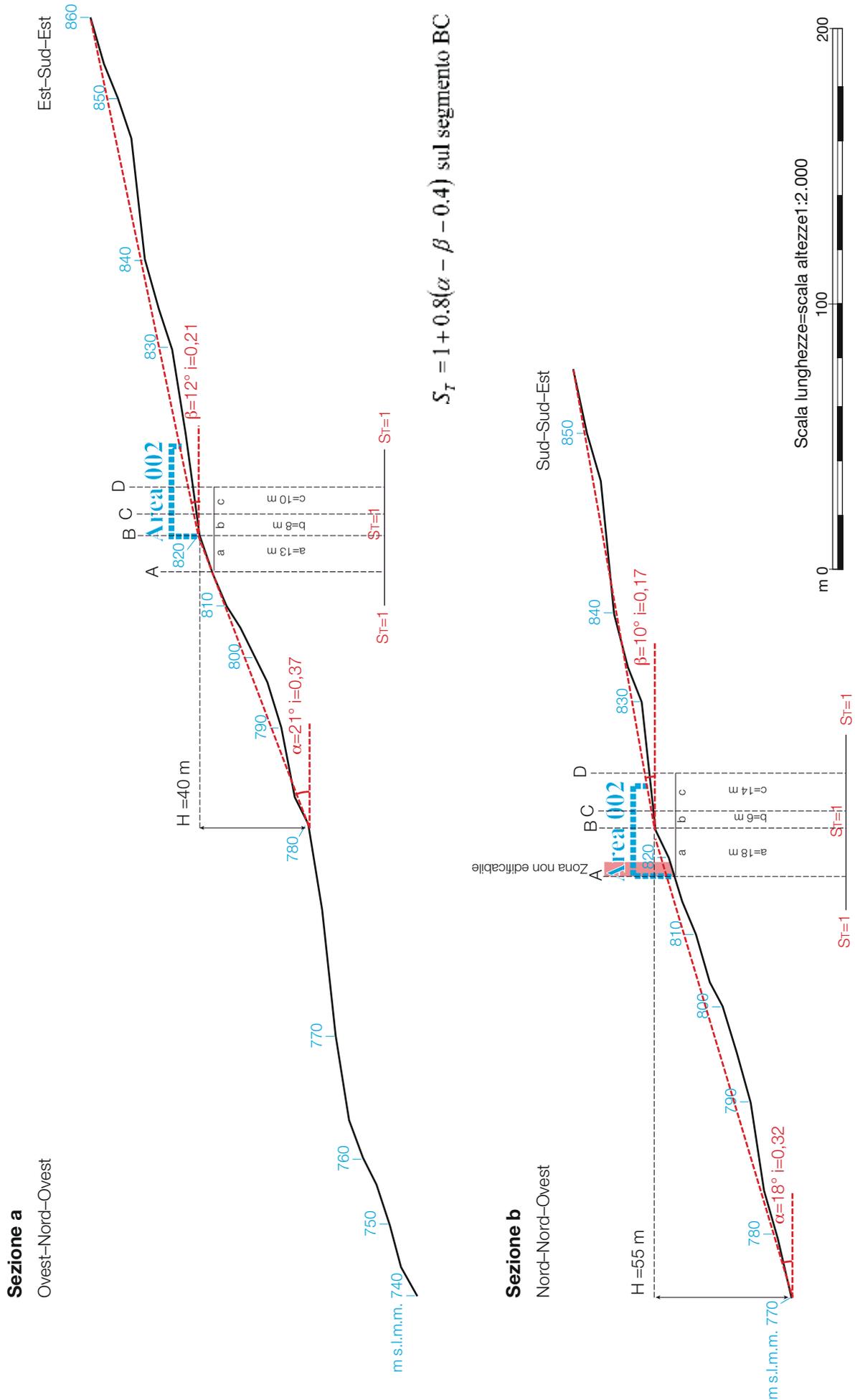


Figura 8. Valutazione degli effetti topografici lungo due sezioni significative (tracce in Figura 5).

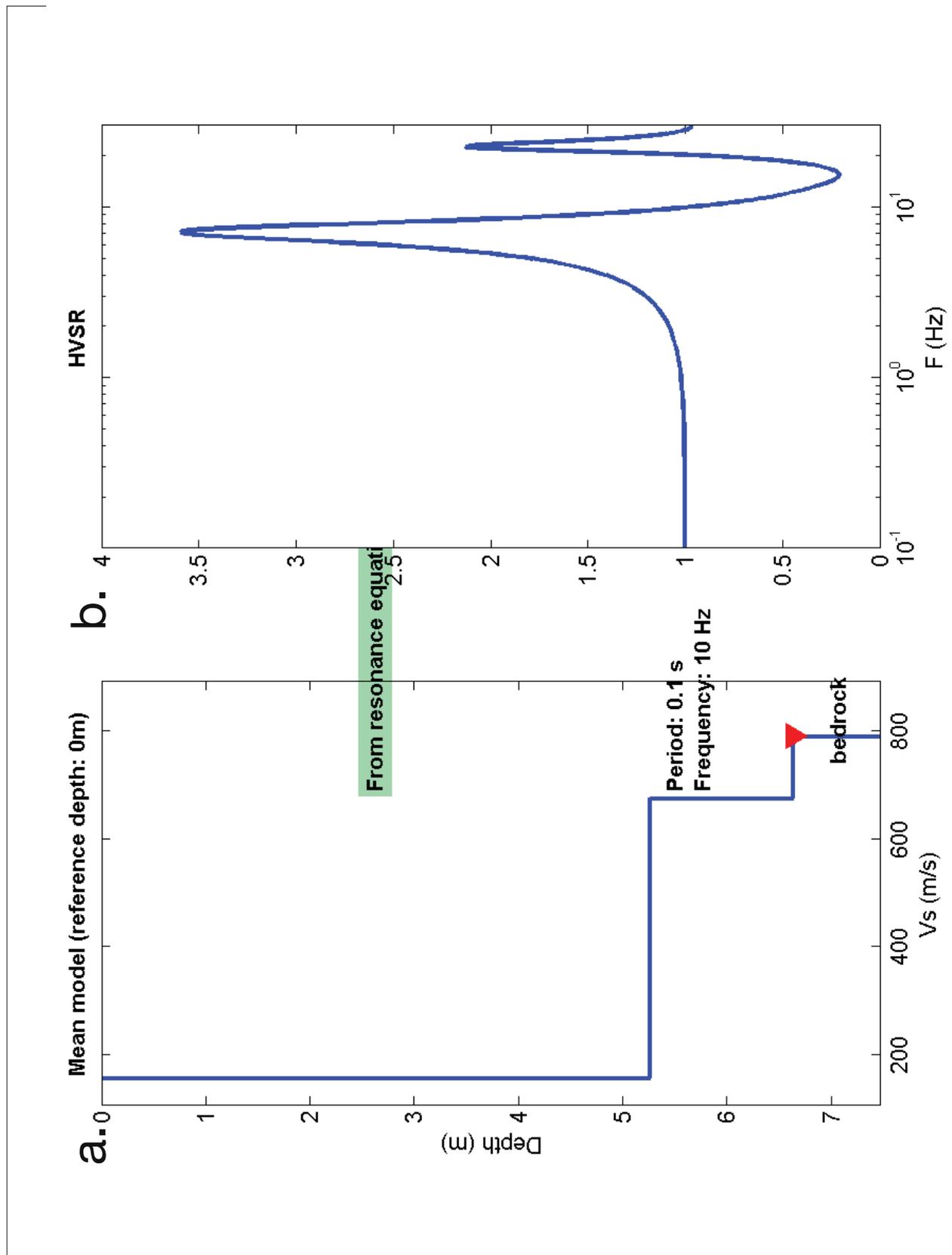


Figura 9. Spettro di risposta di progetto calcolato sulla base dei risultati della prospezione M.A.S.W. con due diverse metodologie: a) Equazione di risonanza e b) HVSR.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

7. FATTIBILITÀ GEOLOGICO–SISMICA DELLE PREVISIONI

7.1. Zone non edificabili (Tavole 1 e 2)

Dalle previsioni costruttive è esclusa l'estremità Nord–Est dell'Area 002 (**Tavole 1 e 2**), interessata da un'acclività più accenutata e ricompresa nei limiti dell'“Area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato” Codice 048–ER–MO del P.A.I. (cfr. Capitolo 2., § 2.4.; Capitolo 6., § 6.2.; **Figura 3**).

7.2. Tipologia di fondazione consigliata

Per quanto riguarda le opere di fondazione degli eventuali futuri interventi edificatori, occorre considerare due aspetti locali di fondamentale importanza per quanto riguarda la sicurezza nel tempo delle strutture:

- La presenza, in superficie, di una coltre quaternaria fine a comportamento prevalentemente coesivo, da “molto molle” a “consistente” (secondo la classificazione di *Terzaghi e Peck, 1948–1967*), identificata come Unità Litotecnica [1] “Terra di copertura”, con potenza di 5÷7 m e caratteristiche fisico–meccaniche arealmente eterogenee, soggetta a variazioni significative del contenuto d'acqua (cfr. Capitolo 2, § 2.5.; Capitolo 4., Tabella 4.I; Capitolo 5, § 5.3., Tabelle 5.3.I÷5.3.III).
- Il possibile effetto di richiamo delle deformazioni plastiche corticali che si possono verificare lungo il pendio prospiciente l'area, anche in rapporto alla contiguità con la Zona B dell'area P.A.I. 048–ER–MO (cfr. Capitolo 2., § 2.3.).

Tenendo conto di questi aspetti, è prevedibile l'opportunità di adottare fondazioni indirette su pali trivellati adeguatamente nel substrato prequaternario compatto, cioè l'Unità Litotecnica [2] “Argille scagliose”, Subunità [2.b] (cfr. Capitolo 4., Tabella 4.I; Capitolo 5, § 5.3., Tabelle 5.3.I÷5.3.III).

7.3. Prescrizioni geologico–tecniche per l'esecuzione degli interventi

Le previsioni costruttive e le opere di urbanizzazione su pendio comportano necessariamente opere di movimento terra, con la formazione di fronti di scavo ed eventuali riporti. La loro entità e le conesse modifiche del profilo del pendio dipendono dalle scelte progettuali, che dovranno comunque attenersi a un minimo impatto sul territorio.

In sede di interventi dovranno essere adottati gli opportuni accorgimenti per garantire la sicurezza e la stabilità dei fronti di scavo e dei riporti, prevedendo eventualmente opere provvisorie, in funzione delle caratteristiche fisico–meccaniche dei terreni, delle profondità di scavo, della possibilità di modellare le scarpate su angoli idonei alla stabilità e del periodo stagionale dei lavori. In funzione delle ipotesi progettuali, nelle successive fasi di pianificazione saranno effettuate verifiche di stabilità in stato di fatto e di progetto sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazione sismica.

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

7.4. Indagini geognostiche e sismiche e studi geologico–sismici da eseguire nelle successive fasi di pianificazione e progettuali

Le indagini e le prospezioni geognostiche e sismiche effettuate hanno consentito di verificare in via preliminare le condizioni di edificabilità dell'Area 002 in Variante:

- L'analisi sismica fornisce i dati di base necessari per determinare gli spettri di risposta di progetto in funzione delle tipologie edificatorie che saranno definite nelle successive fasi di pianificazione.
- La campagna di prospezioni geognostiche–geotecniche, condotta in questa fase a "maglie larghe", consente una correlazione generale dei corpi geologici del sottosuolo.

Nelle successive fasi di pianificazione e progettuali, i modelli geologico e geotecnico del terreno dovranno essere verificati e approfonditi per le definizioni richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, mediante l'implementazione della rete di indagine geologica e geotecnica, per evidenziare le caratteristiche fisico–meccaniche del volume significativo del sottosuolo in funzione delle scelte di progetto e le loro variazioni alla scala di singolo intervento edificatorio, in funzione delle ubicazioni, delle tipologie e delle dimensioni.

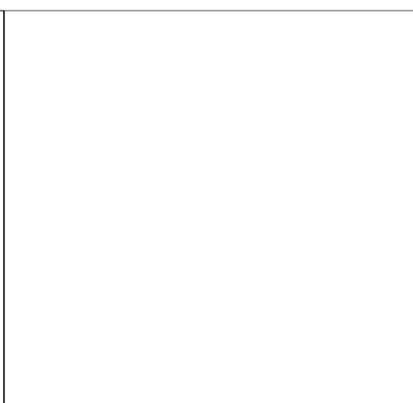
A tale scopo, si prevede:

- L'esecuzione di un sondaggio a rotazione con prelievo continuo di campione, prove S.P.T. (*Standard Penetration Test*) in perforo e prelievo di campioni indisturbati nella coltre quaternaria coesiva, allo scopo di verificare i modelli litostratigrafico e geotecnico ipotizzati sulla base delle prove penetrometriche D.P.S.H.
- Prove di Laboratorio geotecnico sui campioni indisturbati prelevati in sondaggio.
- Verifica geotecnica di stabilità in stato di fatto e di progetto sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazione sismica.
- Infittimento areale delle prospezioni con ulteriori prove penetrometriche dinamiche.

In funzione delle specifiche esigenze progettuali, la programmazione delle indagini potrà subire variazioni rispetto all'elenco sopra delineato.

I risultati delle indagini saranno illustrati in specifiche relazioni geologiche e geotecniche relative ai singoli interventi, ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Collecchio (PR), agosto 2013



Dott. Geol. ARMANDO CONTI	Dott. Geol. VALTER TRUCCI
Via P. Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A. Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Allegato 1

INDAGINI IN SITO

Prove penetrometriche dinamiche D.P.S.H.
(*Dynamic Probing Super Heavy*)

23 agosto 2013

Caratteristiche tecniche del penetrometro
Tabelle valori di resistenza
Diagrammi numero colpi punta – Rpd

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove:

- **Penetrometro PAGANI mod. TG 63-100 KN (10Ton)**
 statico/dinamico
 montato su semovente cingolato in gomma auto ancorante:



D.P.S.H. (Dinamic Probing super Heavy)

caratteristiche tecnico-strumentali prova "dinamica":

❖ rif.norma	DIN 4094
❖ peso massa battente	63.5 kg
❖ altezza di caduta libera	0.75 mt
❖ peso sistema di battuta	8 Kg
❖ diametro punta conica	50.46 mm
❖ area di base punta	20 cm
❖ lunghezza delle aste	1 mt
❖ peso aste a metro	6.2 Kg/mt
❖ profondita' giunzione prima asta	0.80 mt
❖ avanzamento punta	0.20 mt
❖ numero di colpi per punta	N(20)
❖ coeff.correlazione	1.504
❖ rivestimento /fanghi	NO
❖ angolo di apertuta punta	90°

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Sig. Gianni Allodi	- data : 23/08/2013
- lavoro : Richiesta Variante PRG	- quota inizio : piano campagna
- località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia	- prof. falda : 2,20 m da quota inizio
- note :	- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	3	31,5	1	3,80 - 4,00	2	15,5	5
0,20 - 0,40	4	42,0	1	4,00 - 4,20	3	23,2	5
0,40 - 0,60	5	48,2	2	4,20 - 4,40	2	15,5	5
0,60 - 0,80	5	48,2	2	4,40 - 4,60	7	50,8	6
0,80 - 1,00	4	38,6	2	4,60 - 4,80	9	65,3	6
1,00 - 1,20	4	38,6	2	4,80 - 5,00	8	58,1	6
1,20 - 1,40	3	28,9	2	5,00 - 5,20	7	50,8	6
1,40 - 1,60	2	17,8	3	5,20 - 5,40	7	50,8	6
1,60 - 1,80	7	62,4	3	5,40 - 5,60	7	47,8	7
1,80 - 2,00	4	35,6	3	5,60 - 5,80	8	54,7	7
2,00 - 2,20	3	26,7	3	5,80 - 6,00	15	102,5	7
2,20 - 2,40	2	17,8	3	6,00 - 6,20	8	54,7	7
2,40 - 2,60	1	8,3	4	6,20 - 6,40	8	54,7	7
2,60 - 2,80	2	16,6	4	6,40 - 6,60	8	51,7	8
2,80 - 3,00	1	8,3	4	6,60 - 6,80	9	58,1	8
3,00 - 3,20	2	16,6	4	6,80 - 7,00	10	64,6	8
3,20 - 3,40	2	16,6	4	7,00 - 7,20	11	71,0	8
3,40 - 3,60	3	23,2	5	7,20 - 7,40	13	84,0	8
3,60 - 3,80	1	7,7	5	7,40 - 7,60	40	244,8	9

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Sig. Gianni Allodi
 - lavoro : Richiesta Variante PRG
 - località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia
 - note :

- data : 23/08/2013
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,20 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	1	4,80 - 5,00	7	50,8	6
0,20 - 0,40	4	42,0	1	5,00 - 5,20	8	58,1	6
0,40 - 0,60	4	38,6	2	5,20 - 5,40	8	58,1	6
0,60 - 0,80	6	57,9	2	5,40 - 5,60	10	68,3	7
0,80 - 1,00	8	77,1	2	5,60 - 5,80	10	68,3	7
1,00 - 1,20	9	86,8	2	5,80 - 6,00	10	68,3	7
1,20 - 1,40	8	77,1	2	6,00 - 6,20	11	75,2	7
1,40 - 1,60	6	53,5	3	6,20 - 6,40	11	75,2	7
1,60 - 1,80	3	26,7	3	6,40 - 6,60	12	77,5	8
1,80 - 2,00	2	17,8	3	6,60 - 6,80	14	90,4	8
2,00 - 2,20	1	8,9	3	6,80 - 7,00	16	103,3	8
2,20 - 2,40	1	8,9	3	7,00 - 7,20	14	90,4	8
2,40 - 2,60	1	8,3	4	7,20 - 7,40	20	129,2	8
2,60 - 2,80	1	8,3	4	7,40 - 7,60	18	110,2	9
2,80 - 3,00	1	8,3	4	7,60 - 7,80	17	104,1	9
3,00 - 3,20	1	8,3	4	7,80 - 8,00	17	104,1	9
3,20 - 3,40	2	16,6	4	8,00 - 8,20	17	104,1	9
3,40 - 3,60	2	15,5	5	8,20 - 8,40	18	110,2	9
3,60 - 3,80	2	15,5	5	8,40 - 8,60	22	128,0	10
3,80 - 4,00	3	23,2	5	8,60 - 8,80	22	128,0	10
4,00 - 4,20	3	23,2	5	8,80 - 9,00	24	139,6	10
4,20 - 4,40	4	30,9	5	9,00 - 9,20	23	133,8	10
4,40 - 4,60	5	36,3	6	9,20 - 9,40	35	203,6	10
4,60 - 4,80	7	50,8	6				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Sig. Gianni Allodi
 - lavoro : Richiesta Variante PRG
 - località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia
 - note :

- data : 23/08/2013
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,40 m da quota inizio
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	1	10,5	1	3,80 - 4,00	4	30,9	5
0,20 - 0,40	3	31,5	1	4,00 - 4,20	8	61,9	5
0,40 - 0,60	4	38,6	2	4,20 - 4,40	5	38,7	5
0,60 - 0,80	6	57,9	2	4,40 - 4,60	5	36,3	6
0,80 - 1,00	7	67,5	2	4,60 - 4,80	5	36,3	6
1,00 - 1,20	5	48,2	2	4,80 - 5,00	7	50,8	6
1,20 - 1,40	5	48,2	2	5,00 - 5,20	5	36,3	6
1,40 - 1,60	2	17,8	3	5,20 - 5,40	8	58,1	6
1,60 - 1,80	5	44,6	3	5,40 - 5,60	7	47,8	7
1,80 - 2,00	3	26,7	3	5,60 - 5,80	8	54,7	7
2,00 - 2,20	4	35,6	3	5,80 - 6,00	14	95,7	7
2,20 - 2,40	3	26,7	3	6,00 - 6,20	12	82,0	7
2,40 - 2,60	2	16,6	4	6,20 - 6,40	11	75,2	7
2,60 - 2,80	3	24,8	4	6,40 - 6,60	13	84,0	8
2,80 - 3,00	9	74,5	4	6,60 - 6,80	14	90,4	8
3,00 - 3,20	6	49,7	4	6,80 - 7,00	12	77,5	8
3,20 - 3,40	3	24,8	4	7,00 - 7,20	12	77,5	8
3,40 - 3,60	4	30,9	5	7,20 - 7,40	25	161,4	8
3,60 - 3,80	3	23,2	5				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

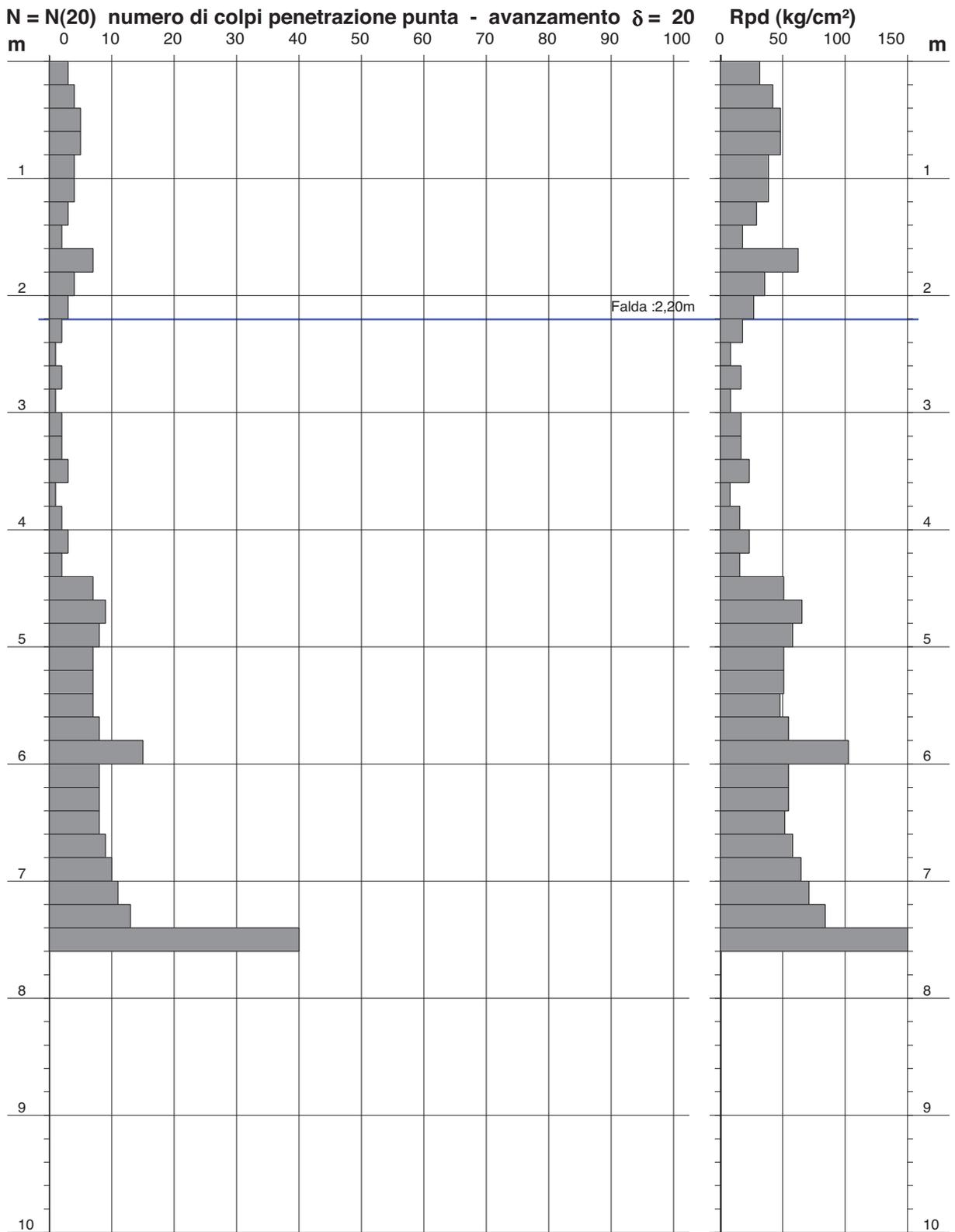
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Sig. Gianni Allodi
 - lavoro : Richiesta Variante PRG
 - località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia
 - note :

- data : 23/08/2013
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,20 m da quota inizio
 - pagina : 1



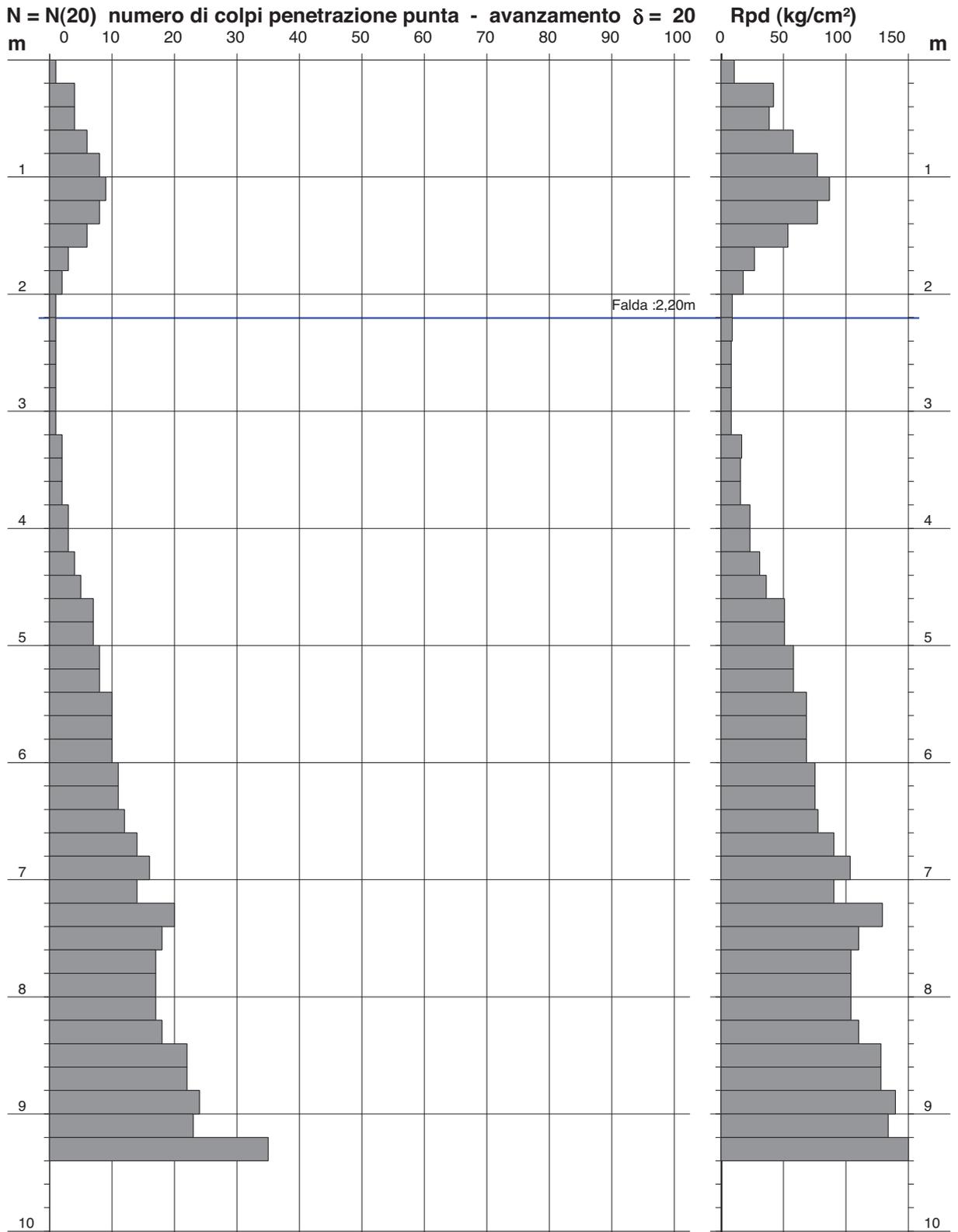
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Sig. Gianni Allodi
 - lavoro : Richiesta Variante PRG
 - località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia
 - note :

- data : 23/08/2013
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,20 m da quota inizio
 - pagina : 1



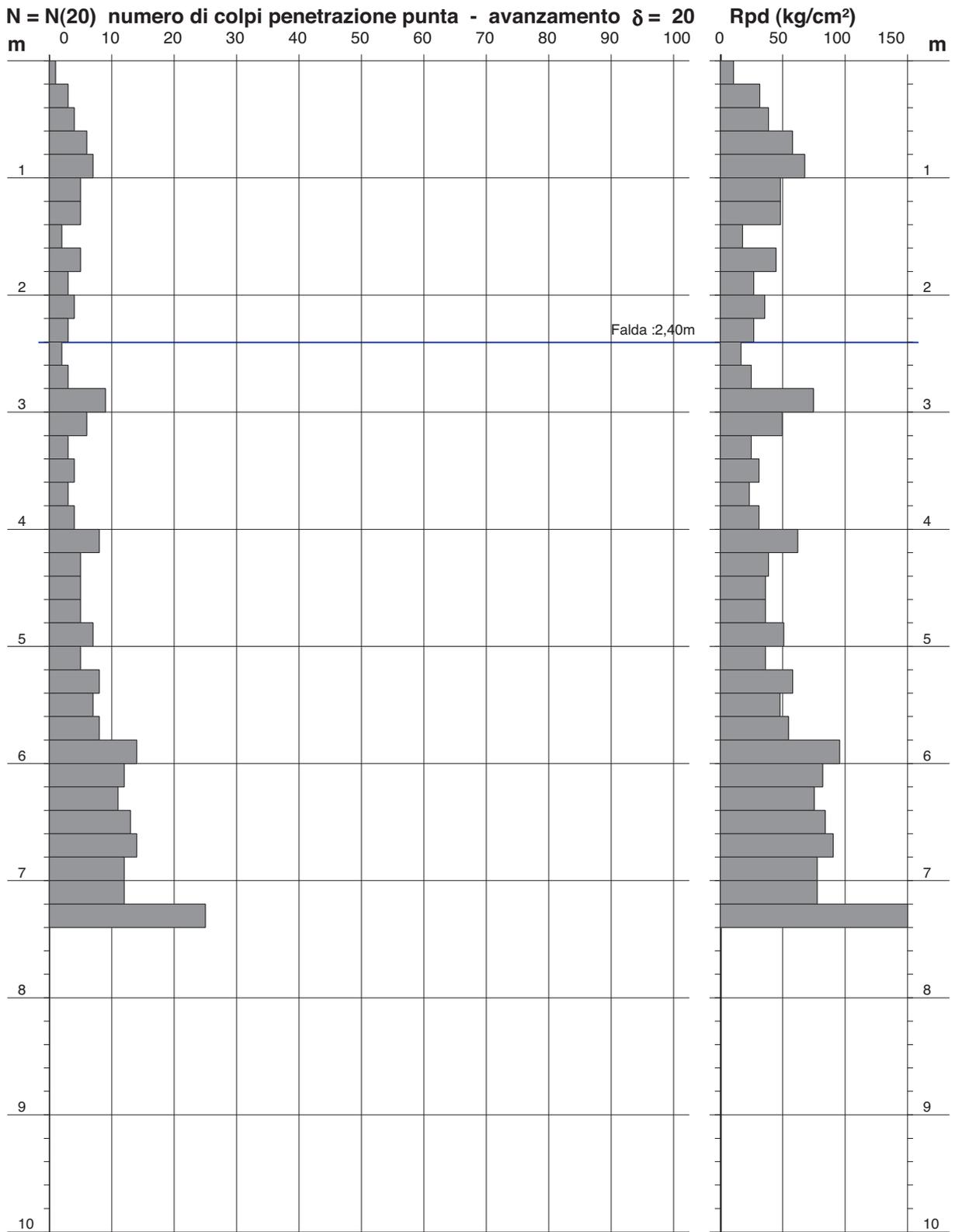
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

Scala 1: 50

- committente : Sig. Gianni Allodi
 - lavoro : Richiesta Variante PRG
 - località : Comune di Frassinoro (MO), Fontanaluccia
 - note :

- data : 23/08/2013
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : 2,40 m da quota inizio
 - pagina : 1



Allegato 2

INDAGINI IN SITO

Prospezione M.A.S.W.

(Multichannel Analysis of Surface Waves)

23 agosto 2013

Dati di prospezione e interpretazione

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

winMASW_report.txt

==o== SECTION#1

dataset: Case Farioli.DAT

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: Frassinoro (MO) - Case Farioli.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 100 5 110 0.5 120 0.1 130 0.1 140
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 900 7 1000 2.5 1100 10 1200 10.5
 1250
 Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Output folder: C:\winMASW411pro\output\2013\Conti\08\Case Farioli - Frassinoro

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -89.0436 -63.6123
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -112.7294 -63.61232
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -105.2708 -40.22706
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -96.0752 -36.0748
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -110.7322 -36.07478
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -101.7973 -36.07478
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -91.3953 -35.6559
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -89.9905 -35.6457
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -115.3754 -35.64572
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -96.224 -35.6457
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -116.9415 -35.64572
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -107.0144 -35.64572
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -107.8372 -35.62025
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -109.3145 -35.62025
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -112.492 -35.62025
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -98.7292 -34.4698
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -93.0466 -34.4698
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -133.6342 -34.46976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -101.4665 -34.46787
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -92.9231 -33.7338
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -76.3621 -33.7338
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -104.7036 -33.73377
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -81.9371 -33.7338
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -58.5255 -33.7338
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -79.5153 -33.1198
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -62.009 -33.1198
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -83.7971 -33.1198
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -114.5824 -33.11976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -71.0648 -33.1198
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -87.2537 -33.1198
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -75.7641 -33.1198

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -160.4643 -33.11976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -128.6339 -33.11976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -126.4639 -33.11976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -138.4724 -33.11976
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -90.963 -33.0749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -108.4279 -33.07492
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -96.4807 -33.0749
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -113.2158 -33.07492
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -156.7397 -33.07492

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

Vs (m/s): 157 854 1059 699 781

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Thickness (m): 5.2 2.4 2.8 5.7

Pagina 1

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
☎ 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	☎ e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

winMASW_report.txt

Number of models considered to calculate the average model: 55

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: Case Farioli.DAT
Analyzed curve: Frassinoro (MO) - Case Farioli.cdp

==o== SECTION#3

=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 158 676 987 738 790
Standard deviations (m/s): 3 145 206 165 44

Thickness (m): 5.3 1.4 1.7 4.0
Standard deviations (m): 0.2 0.9 1.3 2.4

Approximate values for Vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 329 1407 2055 1536 1478
Density (gr/cm3): 1.79 2.14 2.23 2.16 2.15
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30
Young modulus (MPa): 120 2636 5863 3174 3487
Sjear modulus (MPa): 45 977 2171 1175 1341
Lamé (MPa): 104 2277 5070 2741 2012
Bulk modulus (MPa): 134 2928 6518 3525 2906

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.99694	709.9747
6.09119	683.0357
7.1022	645.7148
8.61873	491.0212
9.9186	406.0133
11.7962	347.3726
13.746	267.2545
15.9847	181.0661
17.8623	165.6074
19.9565	157.9933
22.4841	153.4978
24.9394	151.2117
26.9614	150.0878
29.1279	149.3112
30.9333	148.8756
32.9553	148.5356
36.205	148.1944
39.0214	148.0213

First higher mode

Mean model

16.9235	321.7335
17.9345	314.6453
19.7399	305.2504
21.1842	299.1837
22.8452	292.8886
24.5061	286.7759
26.3115	279.8236
28.3335	271.0174
30.7889	257.8457
33.0275	243.0182
36.7105	217.7237
38.9492	205.7125
40.9712	197.4432
43.0655	190.886
44.8709	186.4501

Pagina 2

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
☎ 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	☎ e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

winMASW_report.txt

47.1095 182.0925

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 157.2096 854.1939 1059.0121 698.93866 780.83625
 thickness (m): 5.2351 2.4415 2.7982 5.6973

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 327 1778 2205 1455 1461
 Density (gr/cm3): 1.78 2.19 2.25 2.15 2.15
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30
 Young modulus (MPa): 119 4320 6802 2830 3403
 Shear modulus (MPa): 44 1600 2519 1048 1309
 Lamé (MPa): 103 3735 5883 2445 1963
 Bulk modulus (MPa): 132 4802 7562 3144 2835

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.99694	709.5528
6.09119	686.1741
7.1022	654.0925
8.61873	497.1654
9.9186	407.0967
11.7962	347.3134
13.746	273.7333
15.9847	181.1426
17.8623	165.1617
19.9565	157.3889
22.4841	152.8239
24.9394	150.5089
26.9614	149.3723
29.1279	148.5874
30.9333	148.1474
32.9553	147.8042
36.205	147.4597
39.0214	147.285

First higher mode)

best model

16.9235	322.3613
17.9345	314.7743
19.7399	304.9315
21.1842	298.6712
22.8452	292.2467
24.5061	286.0743
26.3115	279.1219
28.3335	270.3883
30.7889	257.3907
33.0275	242.7212
36.7105	217.3727
38.9492	205.231
40.9712	196.8667
43.0655	190.2408
44.8709	185.7641
47.1095	181.372

VS5 (mean model): 158 m/s
 VS5 (best model): 157 m/s

VS20 (mean model): 383 m/s
 VS20 (best model): 385 m/s

Pagina 3

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

winMASW_report.txt

VS30 (mean model): 463 m/s
 VS30 (best model): 464 m/s

==== SECTION#6

Possible Soil Type: E
 (based on the mean model)

For the 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 - 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 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 <

cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi 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 < cuS30 < 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.

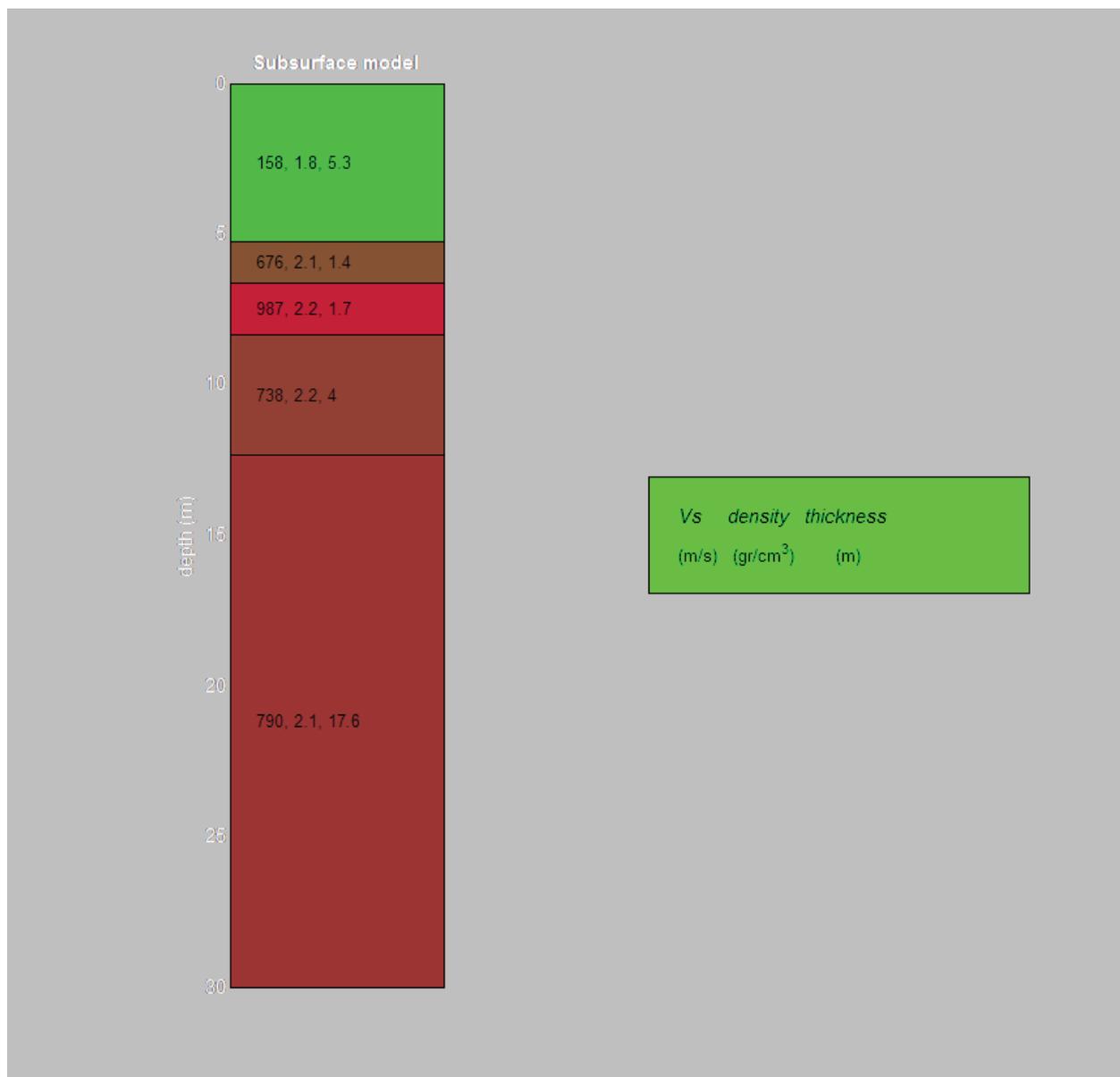
S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Results saved in the folder "C:\winMASW411pro\output\2013\Conti\08\Case Farioli - Frassinoro".

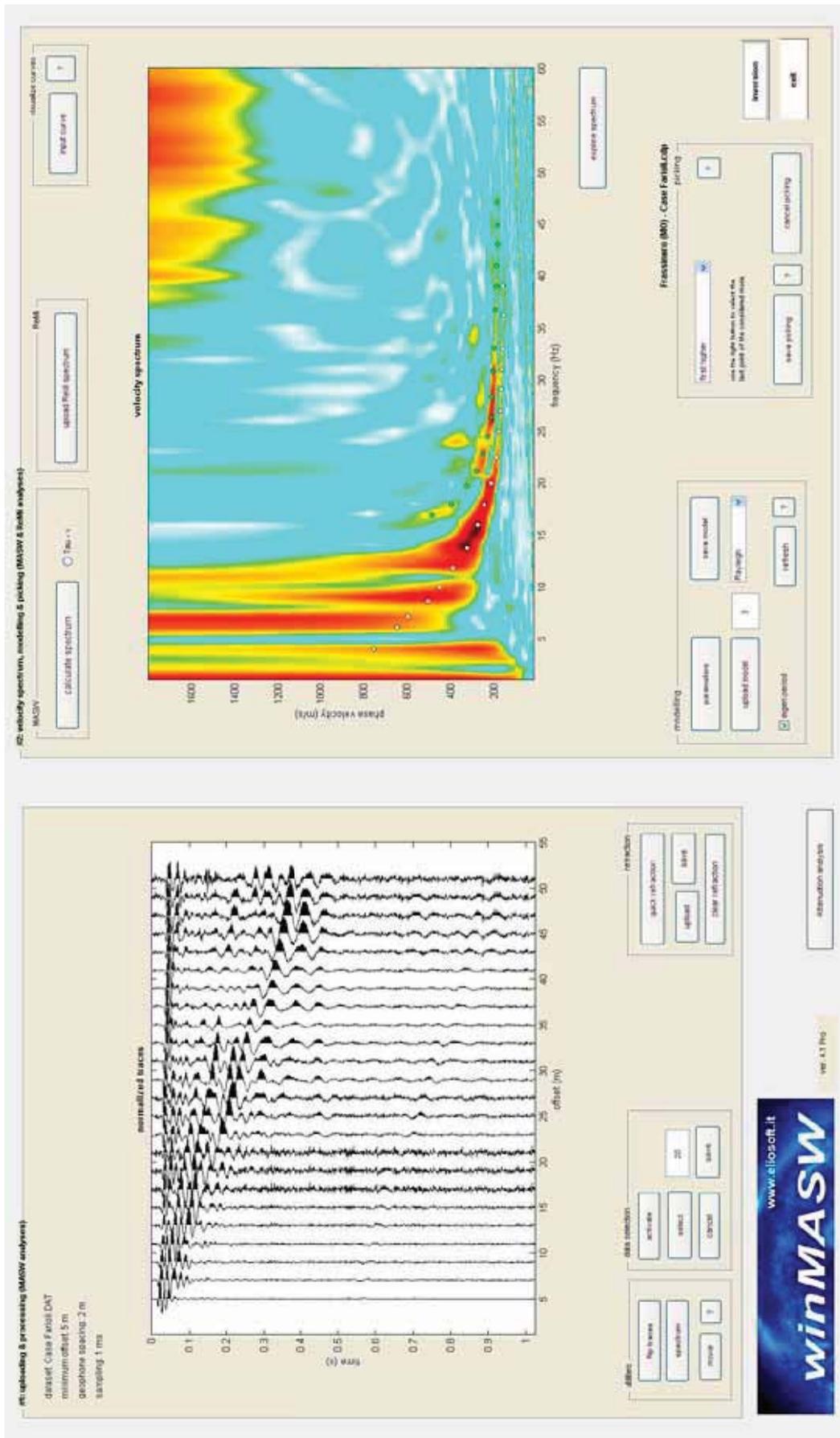
=====
 winMASW 4.2 Pro
 Surface Wave Analysis
 via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

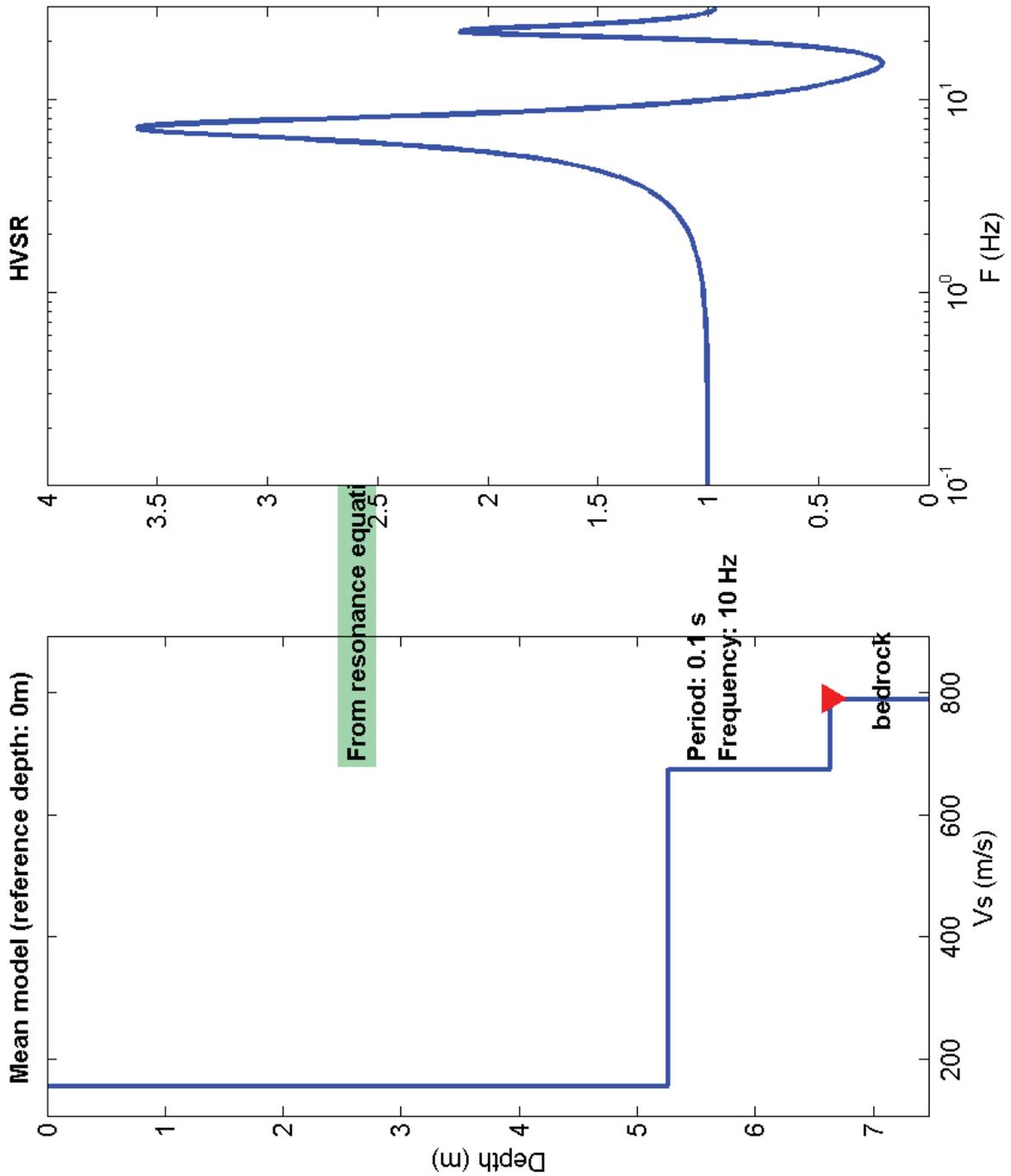
Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com



Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com



<p>Dott.Geol. ARMANDO CONTI Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it</p>	<p>Dott.Geol. VALTER TRUCCI Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com</p>
---	---



Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

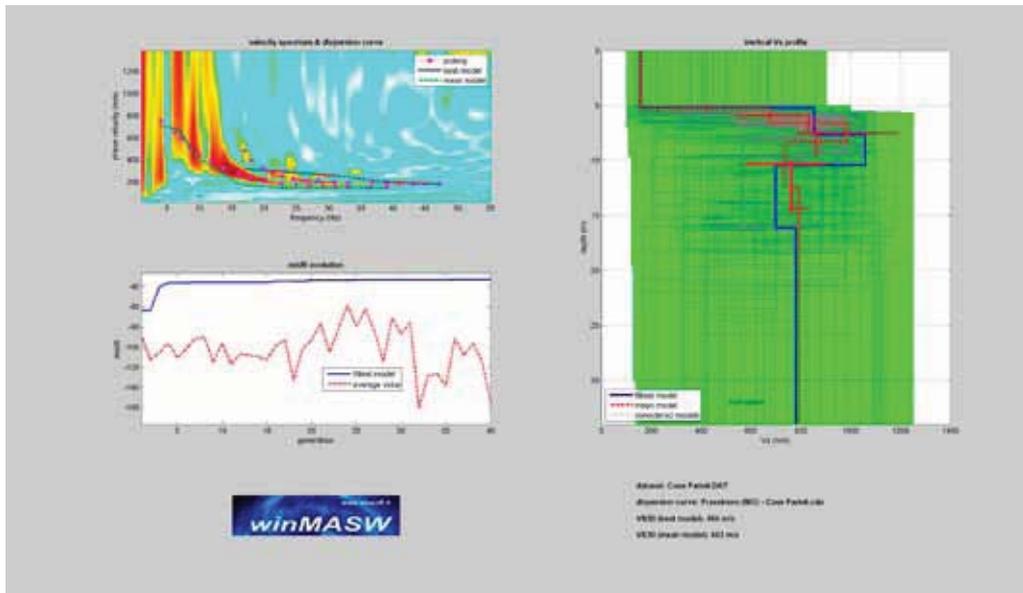
winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

See "winMASW_report.txt" for further details.
www.eliosoft.it

Date: 29 8 2013
 Time: 11 26

Dataset: Case Farioli.DAT
 Considered dispersion curve: Frassinoro (MO) - Case Farioli.cdp



Mean model

Vs (m/s): 158, 676, 987, 738, 790
 Standard deviations (m/s): 3, 145, 206, 165, 44
 Thickness (m): 5.3, 1.4, 1.7, 4.0
 Standard deviations (m/s): 0.2, 0.9, 1.3, 2.4

Density (gr/cm³): 1.79, 2.14, 2.23, 2.16, 2.15
 Shear modulus (MPa): 45, 977, 2171, 1175, 1341

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s): 329, 1407, 2055, 1536, 1478
 Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30
 Bulk modulus (MPa): 134, 2928, 6518, 3525, 2906
 Young's modulus (MPa): 120, 2636, 5863, 3174, 3487

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR)	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR)
© 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	© e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Pagina 2 di 2

Lamé (MPa): 104, 2277, 5070, 2741, 2012

VS30 (m/s): 463
Possible Soil Type: E*Pay attention*
Soil classification must be performed by the user.

For the 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 $cu_{30} > 250$ 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 $70 < cu_{30} < 250$ 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 $cu_{30} < 70$ 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 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ 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 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW 4.1.1 Pro

Surface wave analysis modelling and inversion of Rayleigh and Love waves MASW, ReMi and attenuation analyses

www.eliosoft.it

Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

Tavole

- Tavola 1** - Carta geologica di Sintesi
(scala 1:2.000)
- Tavola 2** - Carta di Microzonazione sismica
(scala 1:1.000)

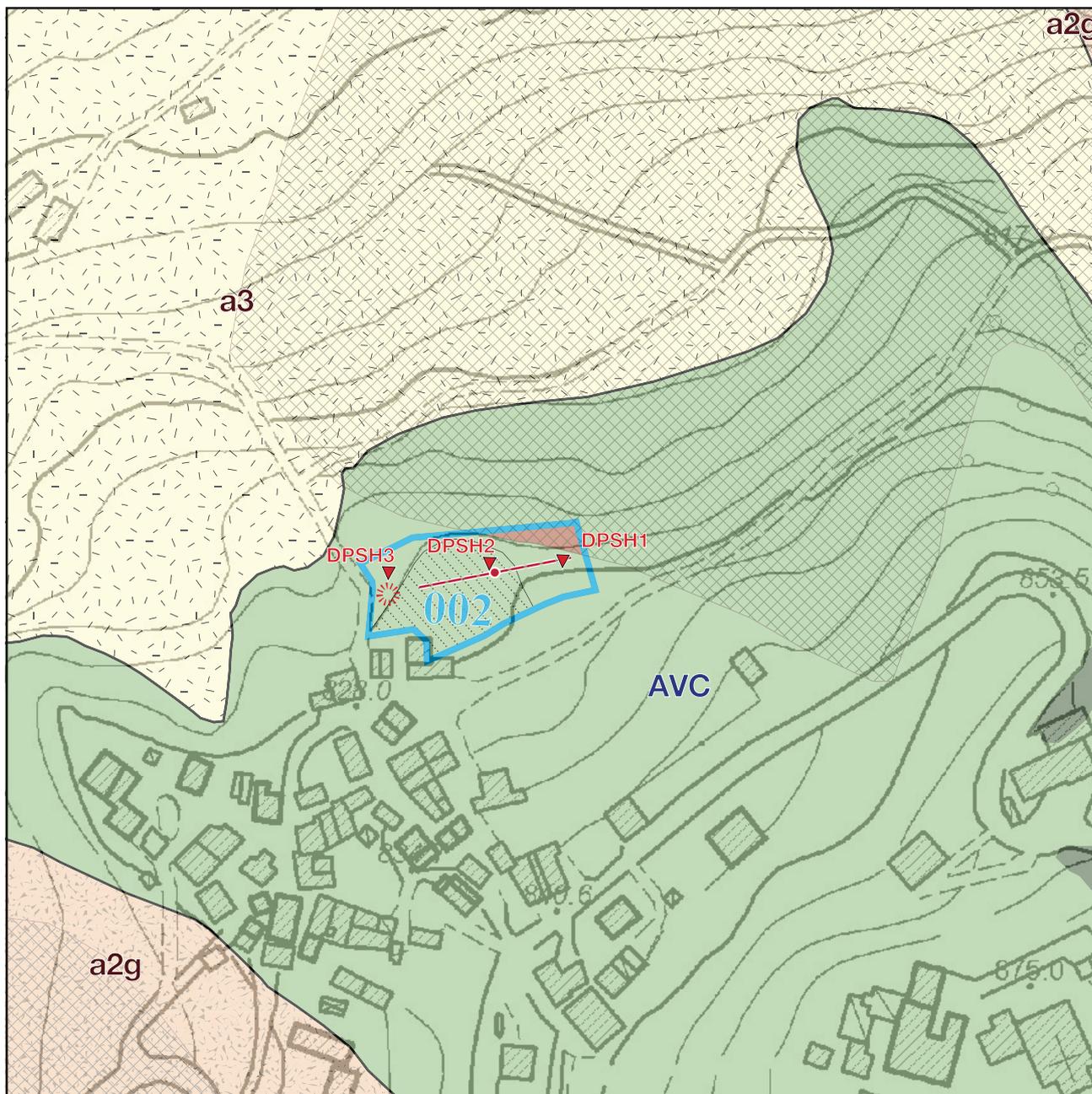
Dott.Geol. ARMANDO CONTI	Dott.Geol. VALTER TRUCCI
Via P.Togliatti, n° 18 43044 · Collecchio (PR) © 0521 802195/882610-339 6056360 • e-mail: arconti@alice.it	Via A.Toscanini, n° 2 · 43040 Solignano (PR) © e Fax 0525 54371 - 348 2613414 • e-mail: valtertrucci@gmail.com

RICHIESTA VARIANTE DA ZONA AGRICOLA NORMALE E1 A ZONA DI COMPLETAMENTO NORMALE B1

Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli

STUDIO GEOLOGICO-SISMICO

TAVOLA 1. CARTA GEOLOGICA DI SINTESI



Scala 1:2.000



Da: Carta Tecnica Regionale dell'Emilia-Romagna, Sezione n° 235110 "Frassinoro"

RICHIESTA VARIANTE DA ZONA AGRICOLA NORMALE E1 A ZONA DI COMPLETAMENTO NORMALE B1

Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli

STUDIO GEOLOGICO–SISMICO

TAVOLA 1. CARTA GEOLOGICA DI SINTESI

Legenda

GEOLOGIA

Depositi quaternari continentali

a1g «Deposito di frana attiva complessa», messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento (tipicamente scorrimenti/colamenti). Tessitura prevalente costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

a2g «Deposito di frana quiescente complessa», messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento (tipicamente scorrimenti/colamenti). Tessitura prevalente costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

a3 «Deposito di versante s.l.». Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.

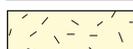
Unità prequaternarie

AVC «Argilliti variegata con calcari». Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdi più raramente varicolori intercalate a strati siltoso–calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argillitico–calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1. Localmente presenti arenarie grigio–verdi da fini a grossolane, talora decementate, in strati prevalentemente sottili, che localmente costituiscono la litologia prevalente (ar). Deposito di ambiente marino profondo. Potenza fino a circa 300 m. Età: *Hauteriviano–Cenomaniano inferiore*, localmente *Eocene*.

ZONE ED ELEMENTI CARATTERIZZATI DA FENOMENI DI DISSESTO E INSTABILITÀ

(da: «Rischio da frana: carta del Dissesto», Tavola 2.1.14 del P.T.C.P. 2009; Autorità di Bacino del Fiume Po, PAI, Allegato 4.1 «Atlante cartografico delle perimetrazioni delle aree a rischio idrogeologico molto elevato», Elaborato n° 2)

 «Aree interessate da frane quiescenti».

 «Aree potenzialmente instabili».

 Area a rischio idrogeologico elevato e molto elevato Codice 048–ER–MO, Zona B della perimetrazione.

PUNTI DI OSSERVAZIONE E MISURA

 Affioramento.

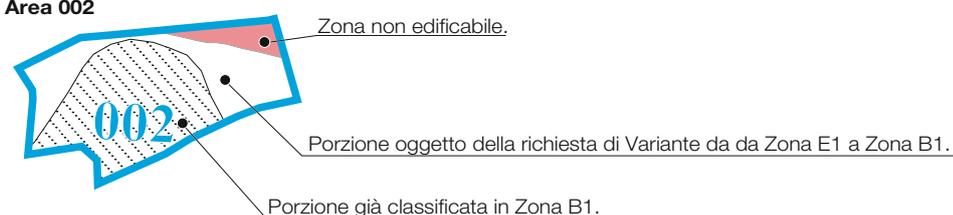
INDAGINI IN SITO

DPSH 2  Prova penetrometrica dinamica D.P.S.H. (23 agosto 2013).

 Stendimento M.A.S.W. (23 agosto 2013): 1) stendimento geofonico; 2) punto di energizzazione.

PROGETTO

Area 002

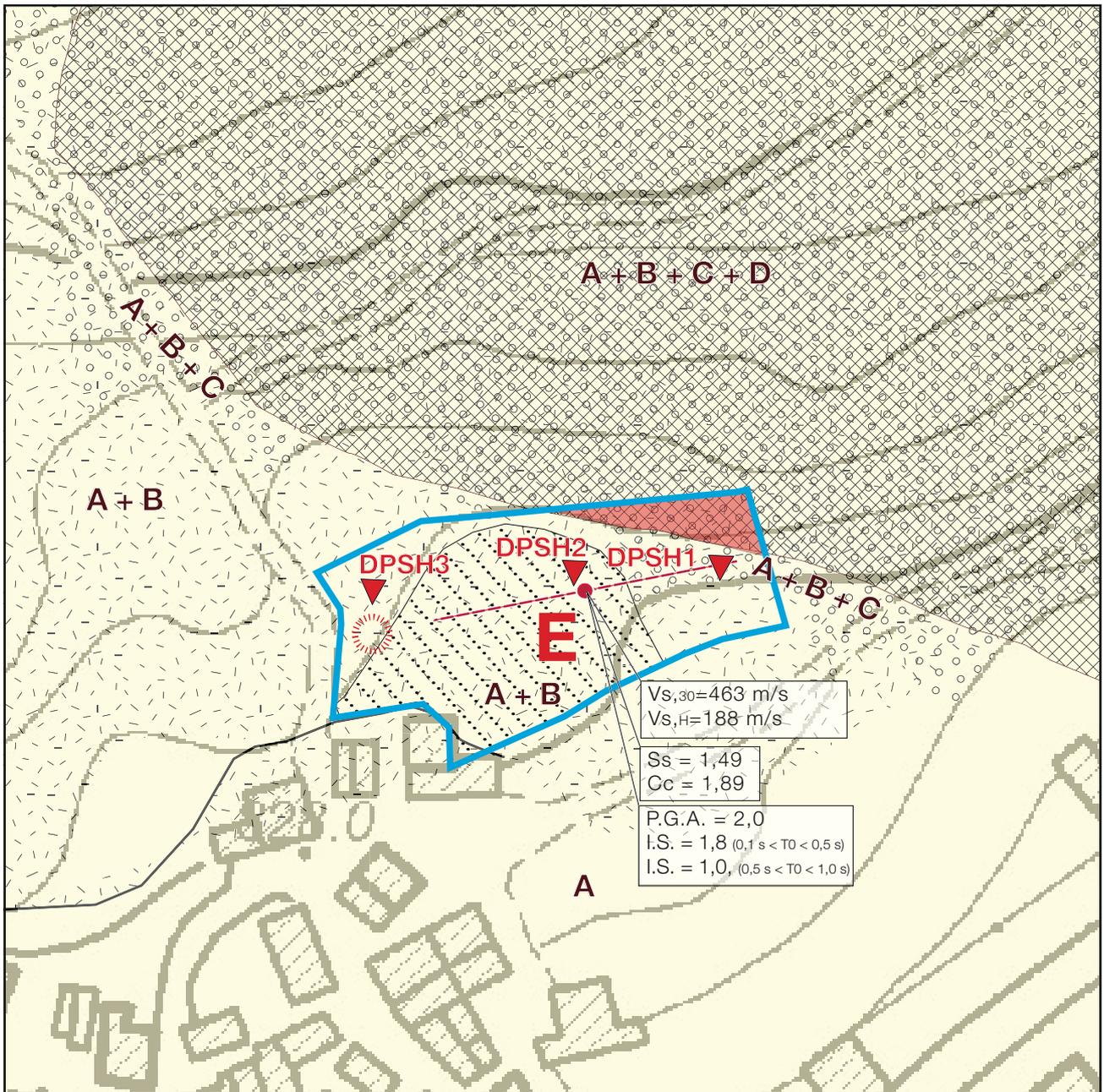


RICHIESTA VARIANTE DA ZONA AGRICOLA NORMALE E1 A ZONA DI COMPLETAMENTO NORMALE B1

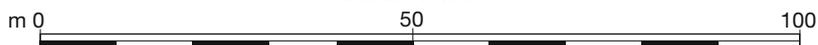
Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli

STUDIO GEOLOGICO-SISMICO

TAVOLA 2. MICROZONAZIONE SISMICA



Scala 1:1.000



Da: Carta Tecnica Regionale dell'Emilia-Romagna, Sezione n° 235110 "Frassinoro"

RICHIESTA VARIANTE DA ZONA AGRICOLA NORMALE E1 A ZONA DI COMPLETAMENTO NORMALE B1

Frazione Fontanaluccia, Località Case Farioli

STUDIO GEOLOGICO-SISMICO

TAVOLA 2. MICROZONAZIONE SISMICA

Legenda

ELEMENTI LITOLOGICI

Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):

A Detriti di versante.

Depositi suscettibili di amplificazione e cedimenti:

B Depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori $NSPT < 15$ o $c_u < 70$ kpa..

ELEMENTI MORFOLOGICI

Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):

C Versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m.

AREE INSTABILI

D Aree potenzialmente instabili.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (Tabella 3.2. II delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008)

E Categoria E.

$V_{s,30}$ $V_{s,H}$ Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore di 30 m dalla superficie; Velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore del "deposito di copertura" sovrastante il *bedrock sismico* ($V_s \geq 800$ m/s), individuato alla profondità $H=7$ m (Allegato A2 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale progr. n° 112 - oggetto n° 3121 del 2 maggio 2007).

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (§ 3.2.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008)

Amplificazione stratigrafica

S_s C_c Coefficienti di amplificazione per opere di Tipo 2 e di Classe II con coefficiente d'uso $CU=1$, considerando lo "Stato Limite di salvaguardia della Vita" (Tabella 3.2.V delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008).

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA (All. A2 alla Delibera dell'Assemblea Legislativa Regionale n° 3121 del 2 maggio 2007)

P.G.A. Fattore di Amplificazione sismica P.G.A.

I.S. Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale.

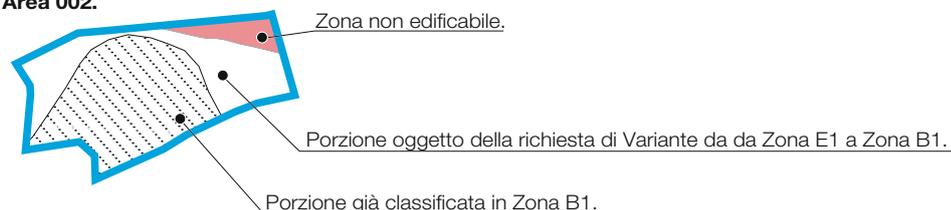
INDAGINI IN SITO

DPSH 2 Prova penetrometrica dinamica D.P.S.H. (23 agosto 2013).

1 **2** Stendimento M.A.S.W. (23 agosto 2013): 1) stendimento geofonico; 2) punto di energizzazione.

PROGETTO

Area 002.



<i>Domanda</i>	n. 006
<i>Richiedente</i>	Frassinoro Shooting Club
<i>Foglio</i>	9
<i>Mappali</i>	95
<i>Tavola PRG</i>	5.3

COMUNE DI FRASSINORO

PROVINCIA DI MODENA

AREA DI VARIANTE AL PRG INTEGRAZIONE

PROPRIETA': SIG.RI RAGGIOLI E SILVESTRI

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Dott. Geol. GIANLUCA VACCARI

Strada Cavedole 12/C – Loc. Portile 41126 Modena

el/Fax 059353059 – Cell. 347/4935672

e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

AGOSTO 2013

Dott. Gianluca Vaccari
Geologo

Studio:

Strada Cavedole 12/C – Loc. Portile
41126 Modena
Tel/Fax 059353059
Cell. 3474935672
e-mail: vaccari.gianluca@gmail.com

Modena, 22/08/2013

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
INTEGRAZIONE

PREMESSA

Su incarico della Proprietà, Sig.ri Raggioli e Silvestri, si è proceduto alla redazione della presente relazione geologica e sismica integrativa, inerente un lotto di terreno, situato in località La Cà nel Comune di Frassinoro in Provincia di Modena, interessato dal progetto di variante al PRG da zona agricola a zona sportiva.

Nella presente relazione vengono riportate le integrazioni al rapporto geologico, redatto dallo scrivente nel mese di Agosto 2012, secondo quanto riportato nella richiesta prot. N. 561 del 16/02/2010 di variante al Piano Regolatore per inserimento area edificabile.

Secondo quanto richiesto è stata effettuata la rivalutazione del suolo di fondazione e sono state eseguite le verifiche di stabilità del pendio.

1. INDAGINE GEOFISICA - MASW

Nel mese di Agosto 2012 è stata eseguita sull'Area di Variante, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo di Indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

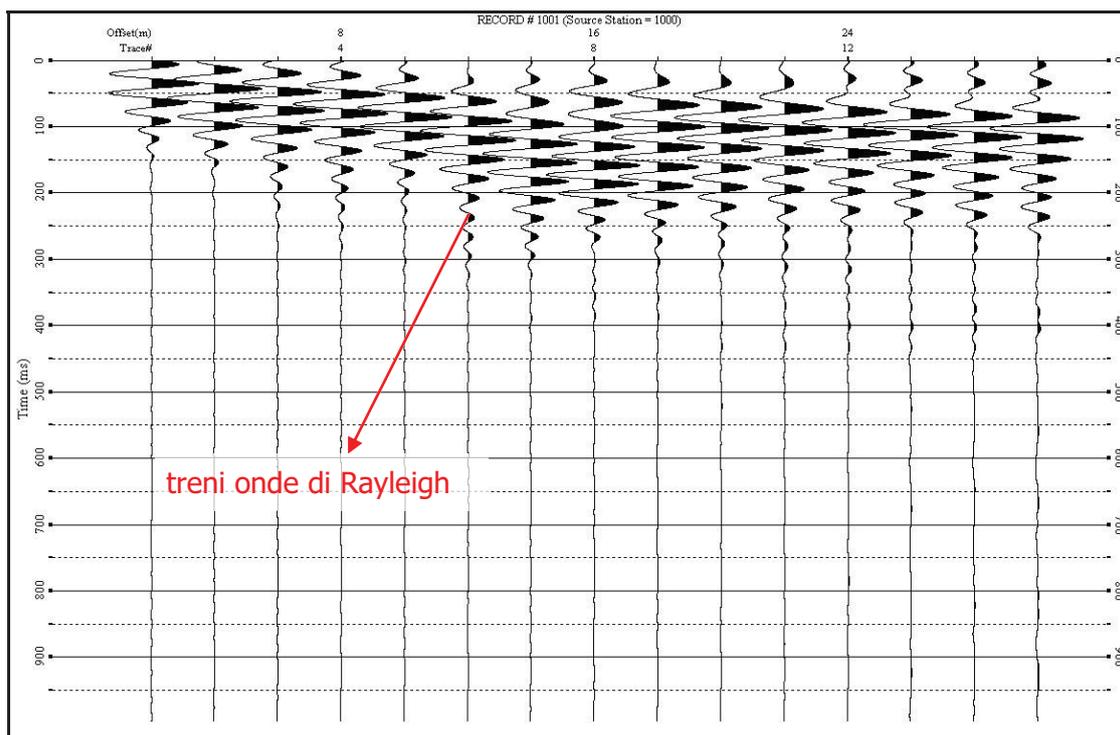
L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46.0 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2.0 e 10.0 metri dal primo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Il sito di indagine è collocato in area scarsamente urbanizzata. Il rumore sismico non risulta in grado di interferire sensibilmente con le misure effettuate.

Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Pasi con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

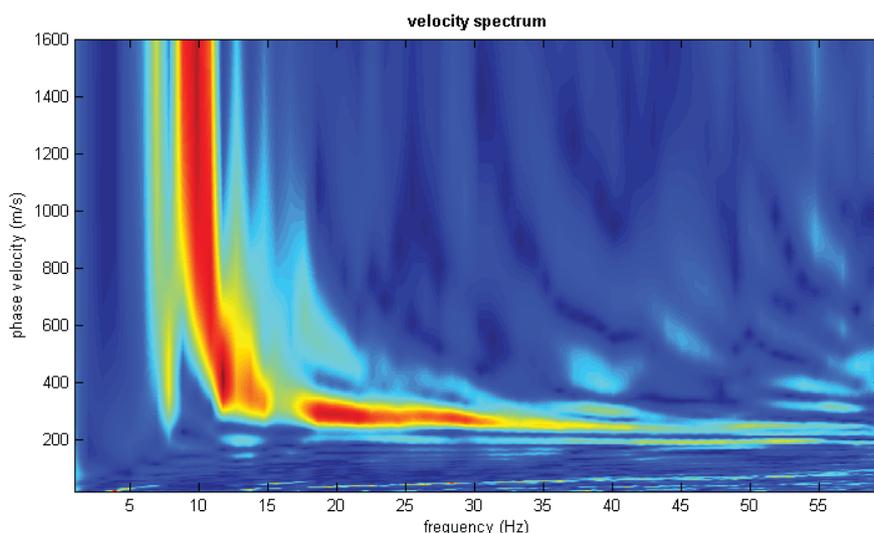
Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 4.6 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiali è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

La prima fase di analisi consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



-diagramma della curva di dispersione-

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti di calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri di velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli strati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite iterazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità

(deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione informazioni addizionali, quali ad esempio stratigrafie di sondaggio, analisi granulometriche, di densità, prove CPT ecc, è possibile impostare un modello geologico\geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati, la velocità delle onde P stimata e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

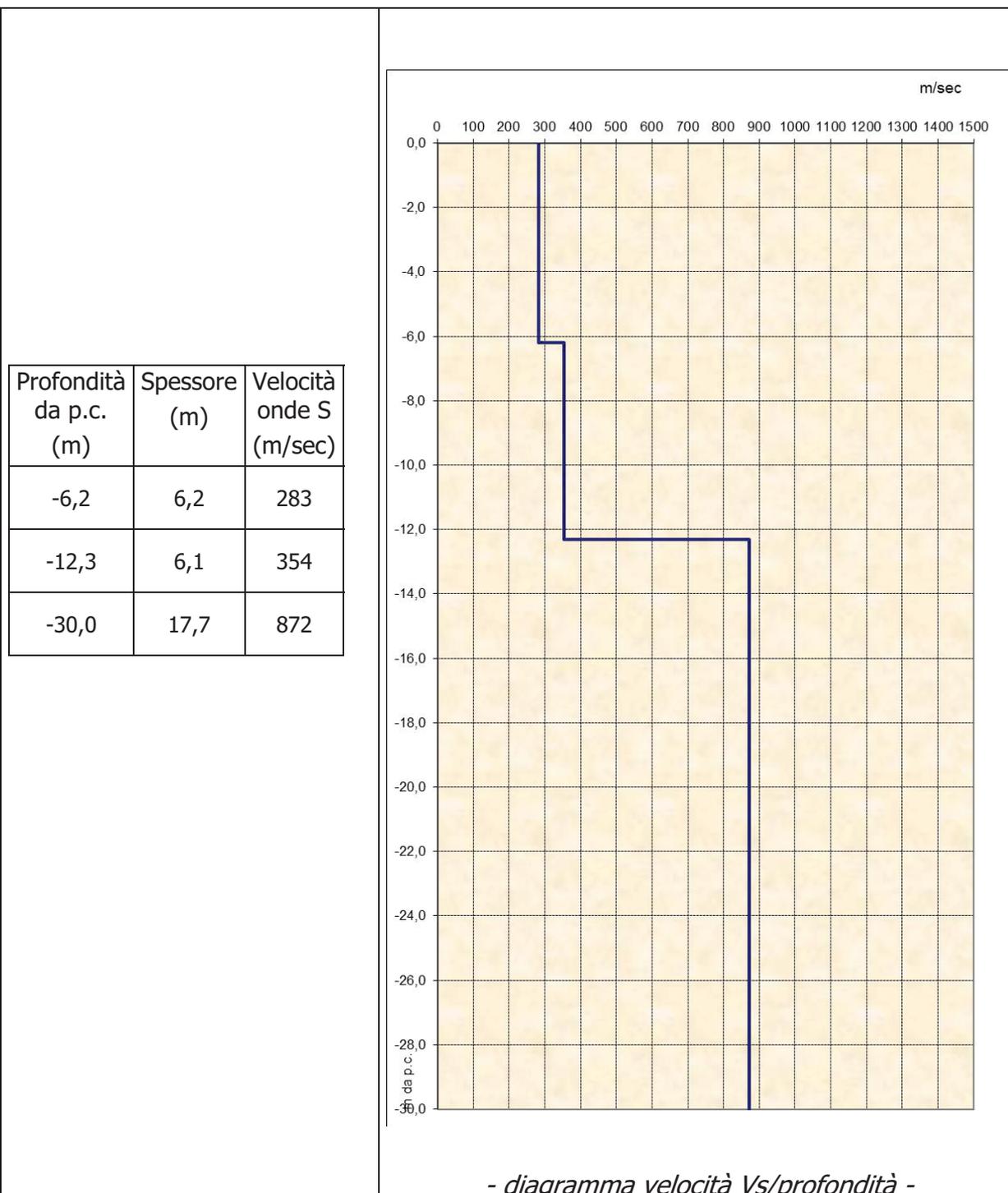
In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Risultati

Determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.



Il valore V_{s30} è **506 m/sec.**

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la E:**

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).

In quanto i primi 12,3 m di sottosuolo presentano valori di Vs del tipo C e sono posti su un substrato roccioso di riferimento con Vs>800 m/s.

2. VERIFICHE DI STABILITA'

Nel presente paragrafo sono state effettuate le verifiche di stabilità del pendio in corrispondenza dell'Area di Variante al PRG oggetto di studio.

Le verifiche sono state effettuate lungo la direzione di massima pendenza, in figura 1 è riportata la traccia del profilo verificato.

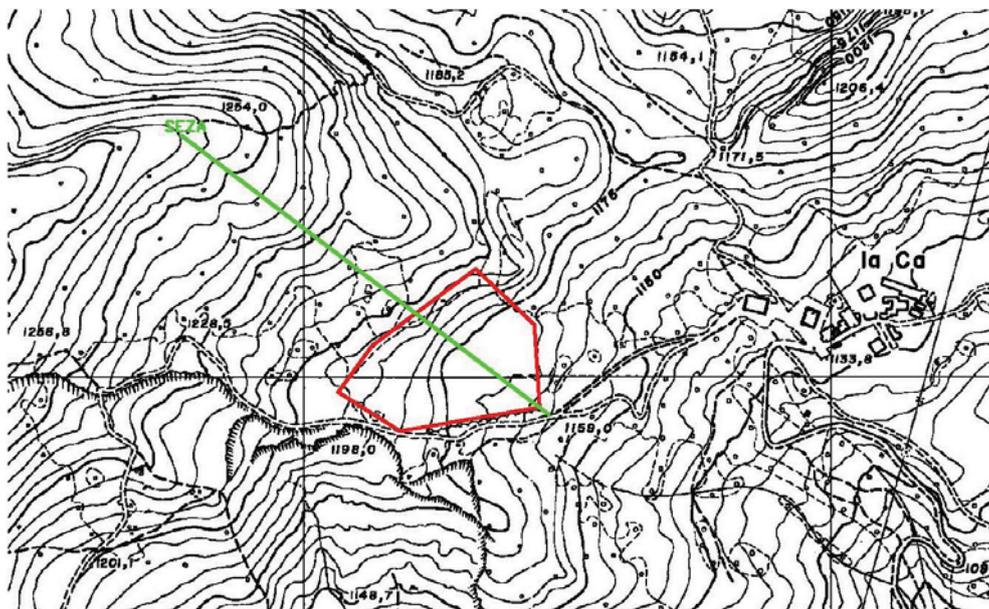


Figura 1 – PIANTA TRACCIA PROILO

Le verifiche di stabilità sono state effettuate utilizzando il Metodo di Morgenstern e Price.

Le verifiche sono state eseguite nelle seguenti condizioni:

- Verifica di Stabilità in condizioni non drenate con azione sismica;
- Verifica di Stabilità in condizioni drenate in condizioni statiche.

I parametri geotecnici considerati sono stati desunti dai risultati delle prove penetrometriche eseguite, integrati con dati reperiti in bibliografia. Sono stati comunque utilizzati parametri geotecnici cautelativi.

Nelle verifiche sono stati considerati due strati:

- il primo più superficiale corrispondente al detrito di versante il cui spessore è stato sovrastimato nella zona di monte,
- il secondo strato corrisponde al substrato roccioso.

E' stata ipotizzata una superficie di scivolamento posta in corrispondenza del contatto tra detrito di versante e substrato roccioso che corrisponde alla zona di scollamento più probabile.

E' stato inoltre ipotizzato un pendio saturo anche se dalle indagini eseguite non è stata rilevata la presenza di acqua.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche.

A). VERIFICA DI STABILITA' IN CONDIZIONI NON DRENATE CON AZIONE SISMICA

Lat./Long.	44,31967/10,582729
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma generica	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,57	2,48	0,25
S.L.D.	50,0	0,72	2,46	0,26
S.L.V.	475,0	1,65	2,52	0,29
S.L.C.	975,0	2,07	2,53	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,0944	0,2	0,0223	0,0112
S.L.D.	1,3824	0,2	0,0282	0,0141
S.L.V.	3,0365	0,24	0,0743	0,0372
S.L.C.	3,5087	0,28	0,1002	0,0501

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,074
Coefficiente azione sismica verticale	0,037

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	138,62
2	48,45	138,62
3	107,21	143,62
4	120,99	148,62
5	131,25	153,62
6	147,8	158,83
7	175,09	163,62
8	198,91	168,62
9	224,89	173,62
10	245,89	178,62
11	262,93	183,1

12	278,36	188,62
13	289,34	193,62
14	299,95	198,62
15	320,45	203,62
16	344,38	208,62
17	380,97	213,62
18	399,04	218,62
19	415,4	223,62
20	439,73	228,6 2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	138,62
2	48,45	138,62
3	107,21	143,62
4	120,99	148,62
5	131,25	153,62
6	147,8	158,83
7	175,09	163,62
8	198,91	168,62
9	224,89	173,62
10	245,89	178,62
11	262,93	183,1
12	278,36	188,62
13	289,34	193,62
14	299,95	198,62
15	320,45	203,62
16	344,38	208,62
17	380,97	213,62
18	399,04	218,62
19	415,4	223,62
20	439,73	228,6 2

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	126,23
2	117,15	135,72
3	167,5	153,66
4	250,73	172,46
5	308,18	192,59
6	439,73	222,8 7

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	113,1	145,86
2	122,89	146,36
3	155,36	151,05
4	198,3	161,51
5	241,59	171,25
6	285,25	185,33
7	366,19	211,61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,2	0,6	25	2000	2100,00	Detrito di Versante	
2	0,15	1,5	40	2100	2200	Substrato roccioso	

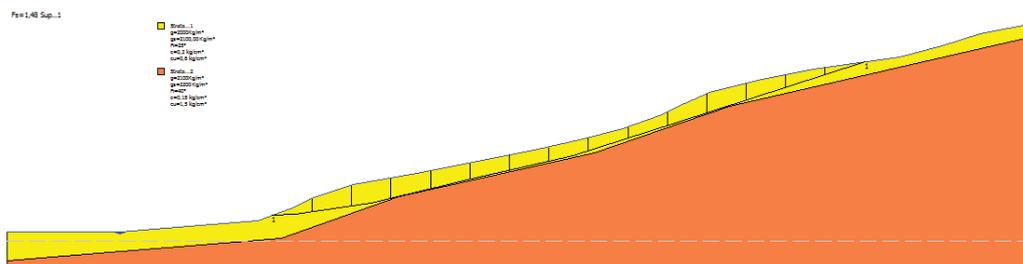
Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,48

Lambda = 0,386

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	16,84	5,27	16,92	84477,05
2	16,84	8,22	17,02	258908,4
3	16,84	11,04	17,16	307190,1
4	16,84	13,7	17,34	280914,1
5	16,84	13,7	17,34	257491,6
6	16,84	12,72	17,27	238303,9
7	16,84	12,68	17,27	218711,5
8	16,84	14,74	17,42	211979,8
9	16,84	17,86	17,7	188893,1
10	16,84	17,86	17,7	188816,5
11	16,84	17,97	17,71	251053,6
12	16,84	17,99	17,71	280622,6
13	16,84	17,99	17,71	228059,2
14	16,84	17,99	17,71	159043,4
15	16,84	17,99	17,71	56038,81

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	20295,26	52599,45	0,0	0,0	71277,2	68505,24	0,0
2	24570,79	63680,4	20295,26	52599,45	260343,7	68924,07	0,0
3	19515,29	50578,0	24570,79	63680,4	310755,0	69503,14	0,0
4	12634,05	32743,81	19515,29	50578,0	280566,1	70212,52	0,0
5	8451,62	21904,17	12634,05	32743,81	256411,9	70212,53	0,0
6	7840,88	20321,3	8451,62	21904,17	237421,8	69932,15	0,0
7	9422,17	24419,53	7840,88	20321,3	217076,1	69921,52	0,0
8	9216,66	23886,92	9422,17	24419,53	208659,2	70537,88	0,0
9	8595,25	22276,41	9216,66	23886,92	182246,5	71671,92	0,0
10	7984,58	20693,73	8595,25	22276,41	182171,0	71671,92	0,0
11	-1484,8	-3848,16	7984,58	20693,73	243353,4	71713,22	0,0
12	-15153,92	-39274,58	-1484,8	-3848,16	272417,9	71723,6	0,0
13	-21419,4	-55512,91	-15153,92	-39274,58	220662,2	71723,6	0,0
14	-17963,89	-46557,23	-21419,4	-55512,91	152707,0	71723,58	0,0
15	-0,07	-0,19	-17963,89	-46557,23	51285,19	71723,58	0,0



Il pendio risulta verificato con $F_s = 1,48$.

B). VERIFICA DI STABILITA' IN CONDIZIONI DRENATE IN CONDIZIONI STATICHE

Lat./Long.	44,31967/10,582729
Normativa	Utente
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	138,62
2	48,45	138,62
3	107,21	143,62
4	120,99	148,62
5	131,25	153,62
6	147,8	158,83
7	175,09	163,62
8	198,91	168,62
9	224,89	173,62
10	245,89	178,62
11	262,93	183,1
12	278,36	188,62
13	289,34	193,62
14	299,95	198,62
15	320,45	203,62
16	344,38	208,62
17	380,97	213,62
18	399,04	218,62
19	415,4	223,62
20	439,73	228,6 2

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	138,62

2	48,45	138,62
3	107,21	143,62
4	120,99	148,62
5	131,25	153,62
6	147,8	158,83
7	175,09	163,62
8	198,91	168,62
9	224,89	173,62
10	245,89	178,62
11	262,93	183,1
12	278,36	188,62
13	289,34	193,62
14	299,95	198,62
15	320,45	203,62
16	344,38	208,62
17	380,97	213,62
18	399,04	218,62
19	415,4	223,62
20	439,73	228,6 2

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	126,23
2	117,15	135,72
3	167,5	153,66
4	250,73	172,46
5	308,18	192,59
6	439,73	222,8 7

Vertici superficie Nr...1

N	X m	y m
1	113,1	145,86
2	122,89	146,36
3	155,36	151,05
4	198,3	161,51
5	241,59	171,25
6	285,25	185,33
7	366,19	211,61

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,2	0,6	25	2000	2100,00	Detrito di Versante	
2	0,15	1,5	40	2100	2200	Substrato roccioso	

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti

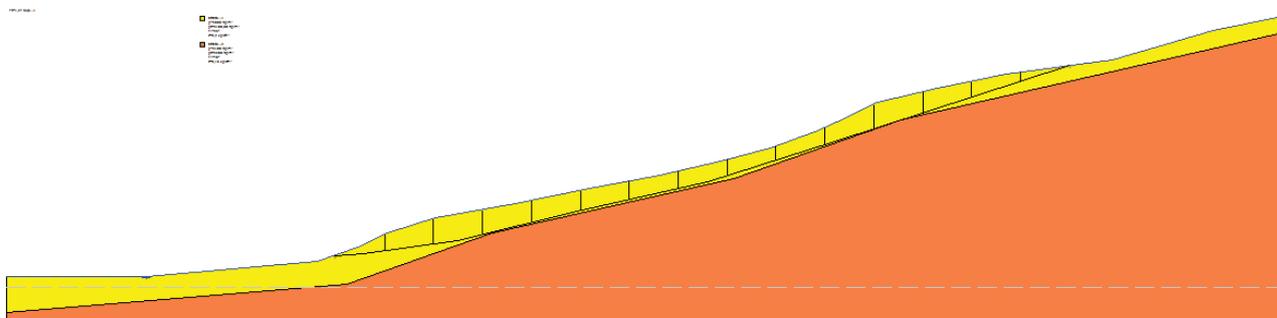
normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Superficie Nr...1 Fattore di sicurezza=1,66
 Lambda = 0,233

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	16,84	5,27	16,92	84477,05
2	16,84	8,22	17,02	258908,4
3	16,84	11,04	17,16	307190,1
4	16,84	13,7	17,34	280914,1
5	16,84	13,7	17,34	257491,6
6	16,84	12,72	17,27	238303,9
7	16,84	12,68	17,27	218711,4
8	16,84	14,74	17,42	211979,8
9	16,84	17,86	17,7	188893,1
10	16,84	17,86	17,7	98903,87
11	16,84	17,97	17,71	251053,6
12	16,84	17,99	17,71	280622,6
13	16,84	17,99	17,71	228059,2
14	16,84	17,99	17,71	83308,48
15	16,84	17,99	17,71	56038,81

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	5963,13	25556,77	0,0	0,0	40130,47	31726,57	2388,23
2	10781,2	46206,05	5963,13	25556,77	129863,2	57116,8	7319,53
3	11886,04	50941,15	10781,2	46206,05	152283,4	63602,17	8684,49
4	10187,46	43661,41	11886,04	50941,15	135169,9	58995,16	7941,65
5	9026,05	38683,83	10187,46	43661,41	123916,5	55826,63	7279,48
6	9272,27	39739,06	9026,05	38683,83	116116,0	53546,69	6737,02
7	9923,93	42531,96	9272,27	39739,06	106602,6	50864,91	6183,12
8	8892,35	38110,83	9923,93	42531,96	100496,7	49329,52	5992,83
9	6092,92	26113,01	8892,35	38110,83	84263,14	45096,93	5340,15
10	10000,0	42857,96	6092,92	26113,01	95553,2	48275,78	5338,0
11	4608,94	19752,96	10000,0	42857,96	111133,9	52675,03	7097,47
12	-2007,01	-8601,62	4608,94	19752,96	123932,6	56281,74	7933,41
13	-6491,52	-27821,34	-2007,01	-8601,62	101051,3	49839,25	6447,4
14	-2490,86	-10675,3	-6491,52	-27821,34	80725,71	44116,32	4496,29
15	0,0	0,0	-2490,86	-10675,3	26169,61	28755,38	1584,26



Il pendio risulta verificato con $F_s=1,66$.

3. CONCLUSIONI

La presente relazione riporta le integrazioni come da richiesta prot. N. 561 del 16/02/2010 di variante al PRG di un'area, posta nei pressi della nel territorio Comunale di Frassinoro, per la quale è prevista la trasformazione da zona agricola a zona sportiva.

Nel presente elaborato è stata riclassificata la categoria sismica del terreno e sono state effettuate le verifiche di stabilità che hanno avuto risultati superiori ai valori di sicurezza minimi ritenuti accettabili da normativa.

In base alle integrazioni effettuate ed alle considerazioni svolte e riportate nella relazione del 14/08/2012, è possibile attribuire **parere favorevole** alla trasformazione in esame.

Si è infatti verificata la mancanza di controindicazioni da un punto di vista geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

In fase esecutiva si dovrà comunque prevedere un idoneo approfondimento geognostico sull'area di intervento volto ad avere maggiori informazioni sia sullo spessore ed andamento della coltre detritica, sia sulla continuità e caratteristiche del substrato roccioso.

Modena, 22/08/2012

IL TECNICO

Dott. Geol. Gianluca Vaccari



<i>Domanda</i>	n. 007
<i>Richiedente</i>	Battani Domenico
<i>Foglio</i>	n. 93
<i>Mappali</i>	746
<i>Tavola PRG</i>	5. 15

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - *studiopetra@libero.it*
Codice fiscale ZNTNDR64E031462U - Partita I.V.A. 02012030363

**MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E RELAZIONE
SISMICA**

**NOTA INTEGRATIVA ALLA VARIANTE AL PIANO REGOLATORE DEL
COMUNE DI FRASSINORO (MO): LOTTIZZAZIONE PRIVATA
"BATTANI DOMENICO", LOCALITA' DONINI. RIF. PRATICA 007**

**REGIONE
EMILIA - ROMAGNA**



**COMUNE DI
FRASSINORO**

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.61

**COMMITTENTE :
SIG. BATTANI DOMENICO**

**IL TECNICO
DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI**



MODENA 27/08/2013

RELAZIONI Frassinoro - variante 2012 Battani Domenico

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	ANALISI DI APPROFONDIMENTO III LIVELLO	pag. 2
2.1	Perimetrazione dell'area ed indagini eseguite	pag. 2
2.2	Stratigrafia da prove penetrometriche	pag. 4
2.3	Unità geotecniche	pag. 6
2.4	Prospezioni geofisiche	pag. 8
2.5	Modellazione numerica con codice EERA	pag. 10
2.6	verifiche di stabilità con sollecitazioni dinamiche	pag. 14
ALLEGATI		pag. 24

Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione integrativa con lo scopo di rispondere alle osservazioni e prescrizioni elevate dal Servizio Pianificazione urbanistica territoriale e cartografica della Provincia di Modena, riportate nel *parere ai sensi dell'art 5 della L. R. 19 del 30-10-2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico"*.

Variante parziale al PRG Giugno 2013 e microzonazione sismica prot. Com. n. del 30/01/2013 – prot. Prov. Modena n. 11650 del 05/02/2013, Class. 07.04.05 – fasc. 2139,

quali:

- Analisi di approfondimento di III Livello con:
 - Indagini geognostiche
 - Prospezioni geofisiche con altra tecnica
 - Verifiche di stabilità in presenza di sollecitazioni dinamiche

Per ogni altra informazione non contenuta nella presente nota si rimanda alla precedente relazione, del 06.09.2012.

Cap. 2 ANALISI DI MS - III LIVELLO

2.1 Perimetrazione dell'area e indagini eseguite

Trattandosi di una modesta lottizzazione privata, confinante con altre proprietà private in cui non è stata concessa l'autorizzazione ad accedere con mezzi meccanici, per la ricostruzione della stratigrafia sono state eseguite:

- rilevamento geologico di dettaglio nell'area inserita in Fig. 1,
- n. 2 prove penetrometriche superpesanti DPSH sui bordi di monte e di valle della zona di variante
- n. 1 prospezione sismica di tipo MASW.

Inoltre si è fatto riferimento ad analisi di laboratorio pregresse, eseguite a cura dello scrivente con la collaborazione della Provincia di Modena e dell'ex Genio Civile nell'ambito del PROGETTO SCAI - *Proposta di una carta del rischio da frana per il centro abitato di Piandelagotti* – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi Idrogeologiche- 1993)*, sui medesimi terreni argillitici (presso la propaggine meridionale di Piandelagotti, immediatamente a valle della Strada provinciale). Da queste erano stati desunti i seguenti **parametri geotecnici relativi al tetto di AVC** (in passato denominata Unità di Pievepelago UPI):

Proprietà geotecniche e caratteristiche fisico-meccaniche

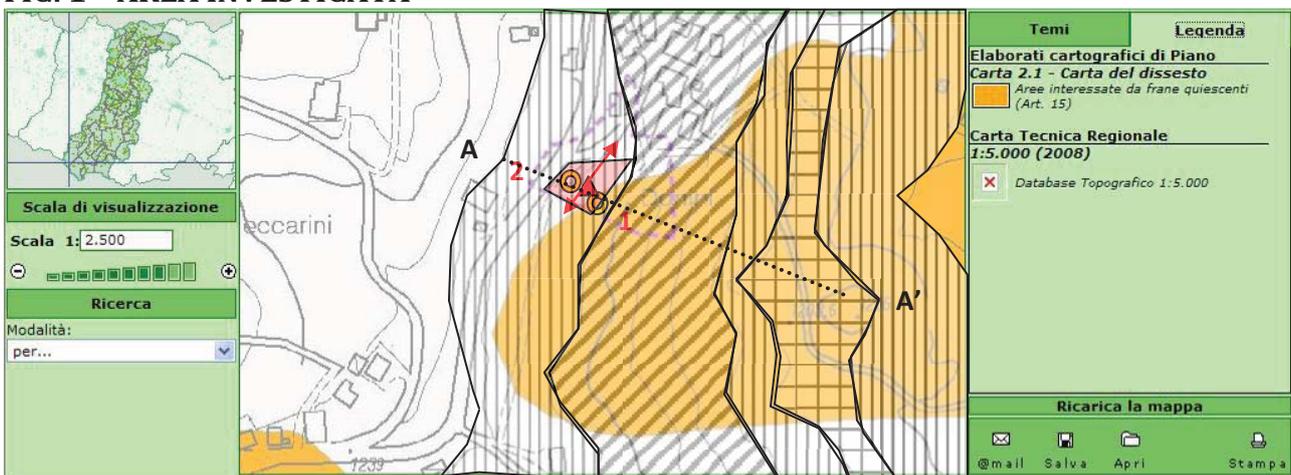
In passato sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio sia lo strato argilloso plastico, presente quasi ovunque sotto lo strato aerato, che lo strato argilloso polverulento insediato al tetto del substrato roccioso (che, a valle della S.S. 486, è costituito da marne compatte dell'Unità di Pievepelago). Tali analisi hanno fornito i seguenti parametri medi:

ARGILLE POLVERULENTE (tetto di UPI)								
W(%)	Wl(%)	Wp(%)	PI (%)	γ (t/m ³)	ϕ (°)	c' (Kg/cm ²)	Kt (Kg/cm ²)	committente
14	28,9	18,3	10,6	1,9	29	0,4	1,1	Sigg. Gualtieri

Estratto da: *Andrea Zanotti*
 "PROGETTO SCAI -
 Proposta di una carta del rischio
 da frana per il centro abitato di
 Piandelagotti" - Gruppo
 Nazionale per la Difesa dalle
 catastrofi Idrogeologiche- 1993

**documentazione in possesso della Provincia di Modena .*

FIG. 1 - AREA INVESTIGATA



LEGENDA

-  *area di variante*
-  *lotto di proprietà*
-  *prove penetrometriche DPSH*
-  *prospezione HVSR*
-  *nuova prospezione MASW*
-  *aree pseudo pianeggianti (inclinazione media < 4.5°)*
-  *aree acclivi (pendenza media = 14,6°)*
-  *aree a pendenza negativa (contropendenza media = - 3°)*
-  *traccia di sezione per verifiche stabilità*

2.2 – Stratigrafia

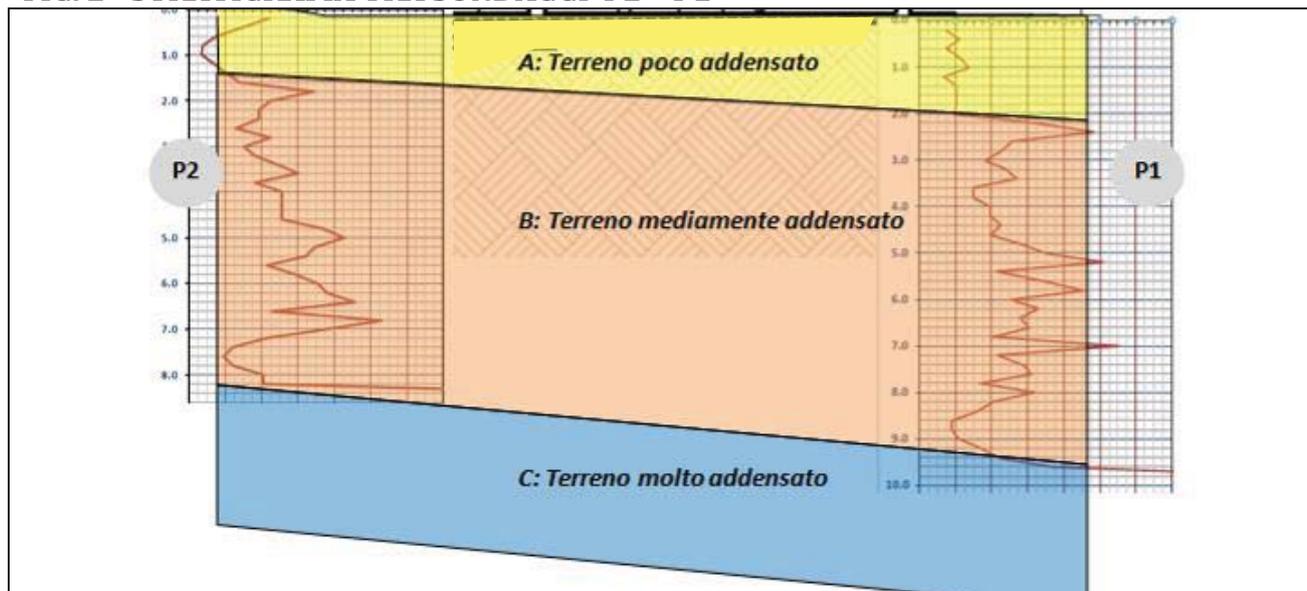
Le indagini svolte per l'occasione unitamente a quelle pregresse hanno mostrato coerenza, evidenziando presso il sito la seguente stratigrafia:

stratigrafia prova penetrometrica 1 (+ sfavorevole)

H	N	Nspt	Natura granulare	Natura Coesiva
[m]			Stato di addensamento	Stato di consistenza
0.20	2	4.40	4<Nspt<10 Terreno poco addensato	4<Nspt<8
0.40	3	6.60		Terreno plastico-consistente
0.60	2	4.40		
0.80	3	6.60		
1.00	4	8.80		
1.20	2	4.40		8<Nspt<15
1.40	3	6.60		4<Nspt<8
1.60	3	6.60		Terreno plastico-consistente
1.80	3	6.60		
2.00	3	6.60		
2.20	10	22.00	10<Nspt<30	15<Nspt<30
2.40	15	33.00	30<Nspt<50	Nspt>30
2.60	8	17.60	10<Nspt<30	15<Nspt<30
2.80	7	15.40	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente
3.00	6	13.20		8<Nspt<15
3.20	8	17.60		15<Nspt<30
3.40	9	19.80		Terreno molto consistente
3.60	5	11.00		8<Nspt<15
3.80	5	11.00		Terreno consistente
4.00	7	15.40		15<Nspt<30
4.20	7	15.40		Terreno molto consistente
4.40	8	17.60		
4.60	7	15.40		
4.80	10	22.00		
5.00	13	28.60		
5.20	19	41.80	30<Nspt<50	Nspt>30
5.40	8	17.60	10<Nspt<30	15<Nspt<30
5.60	13	28.60	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente
5.80	17	37.40	30<Nspt<50	Nspt>30
6.00	10	22.00	10<Nspt<30	15<Nspt<30
6.20	13	28.60	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente
6.40	11	24.20		
6.60	12	26.40		
6.80	8	17.60		
7.00	23	50.60	Nspt>50	Nspt>30
7.20	9	19.80	10<Nspt<30	15<Nspt<30
7.40	12	26.40	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente
7.60	13	28.60		
7.80	7	15.40		
8.00	14	30.80	30<Nspt<50	Nspt>30
8.20	9	19.80	10<Nspt<30	15<Nspt<30
8.40	7	15.40	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente

8.60	4	8.80	4<Nspt<10	8<Nspt<15
8.80	4	8.80	Terreno poco addensato	Terreno consistente
9.00	5	11.00	10<Nspt<30	15<Nspt<30
9.20	8	17.60	Terreno mediamente addensato	Terreno molto consistente
9.40	10	22.00	30<Nspt<50	Nspt>30
9.60	17	37.40	Nspt>50	Terreno estremamente consistente
9.80	50	99.00	Terreno molto addensato	

FIG. 2 - STRATIGRAFIA TRA SONDAGGI P2 - P1



Dal punto di vista geologico si evidenziano le seguenti corrispondenze:

A: strato poco addensato = c3 - Deposito glaciale e periglaciale,
B: strato mediamente addensato = AVC - Argilliti variegata con calcari, (tetto alterato)
C: strato addensato = AVC - Argilliti variegata con calcari

Si noti che la profondità del tetto di AVC indicata dalle prove penetrometriche corrisponde perfettamente alla differenza di quota tra il P.C. del lotto studiato e gli affioramenti di AVC descritti nella precedente relazione.

FIG. 3 - AFFIORAMENTI TETTO DI AVC



Questi ultimi mostrano una giacitura normale con **assetto a reggipoggio** ed inclinazione di circa 5°.

2.3 Unità geotecniche

Le indagini eseguite hanno quindi rilevato la presenza di tre Unità Geotecniche con differenti caratteristiche meccaniche. La più scadente tra queste è l'Unità "A" che si trova fino a 1,6 - 2 m dal p.c. Essa è seguita dall'Unità "B" che appare caratterizzata da parametri meccanici soddisfacenti e si trova fino a 8.2 / 9.2 m di profondità. Infine, a profondità superiori, è presente uno strato di terreno addensato costituito dalle argilliti AVC in posto.

UNITA' GEOTECNICHE

UNITA'	PROF. (m)	LITOLOGIA	N _{spt medio} (numero colpi Standard Penetration Test)
A	0 - 1,6 / 2	Terreno poco addensato (strato areato + depositi glaciali e periglaciali)	6.2
B	1,6/2 - 8.2/9.2	Terreno mediamente addensato (argilliti alterate)	21.5
C	>8.2/9.2	Terreno molto addensato (argilliti compatte)	>50

2.4 Parametri geotecnici

TABELLA STRATI - PROVA PENETROMETRICA N 1
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

H [m]	N	N _{spt}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ _{v'} [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
2.0	2.8	6.2	24.6	4374	107	41	3696	78	20.9	1974	79
9.2	9.8	21.5	32.4	15230	1017	144	12870	282	108.3	5171	207
9.8	25.7	52.8	38.7	37488	4328	354	31680	667	182.4	11185	447

PROVA PENETROMETRICA N 2

	N	N _{spt}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
1.6	2.9	6.3	24.3	4491	91	42	3795	78	17.1	2073	83
8.2	9.6	21.2	32.3	15052	923	142	12720	275	94.9	5242	210
8.4	50.0	99.0	45.0	70290	7009	663	59400	1188	155.6	22841	914

H = Profondità del letto dello strato elementare

N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento

N_{spt} = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)

φ° = $N_{spt} < 30 \cdot (15 - N_{spt})^2 + 15$; $N_{spt} > 30 \cdot 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26$. (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)

Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)

Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma' \cdot N\gamma)] / 3$ $N\gamma = 10.9$ [kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)

Cu = $6.7 \cdot N_{spt}$ [kN/m²] (Terzaghi)

Ed = $600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)

Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$ [kN/m²] (Carico Ammissibile, Terzaghi sempl.)

Rpd = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$ [kN/m²] (Formula degli Olandesi)

Qa3 = $(Rdp / 15 + 30)$; $Qa = (Rdp / 25)$ [kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

LEGENDA 2

H = Altezza di caduta

M = Peso massa battente

A = Area della punta conica

e = Infissione media per colpo (ρ / N)

ρ = Passo di avanzamento (10-20-30 cm a seconda del tipo di strumento)

N = Numero dei colpi per singolo avanzamento

P = Peso aste più sistema di battuta

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA 1
 (valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
2.0	2.8	6.2	10	24.6	1.1	23.9	19.5	41	9.3	36	25
9.2	9.8	21.5	36	32.4	3.5	31.5	26.1	144	62.4	126	90
9.8	25.7	52.8	3	38.7	6.0	36.8	30.9	354	273.0	279	199

PROVA PENETROMETRICA 2

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
1.6	2.9	6.3	8	24.3	2.9	22.2	18.1	42	25.5	24	17
8.2	9.6	21.2	33	32.3	3.5	31.3	25.9	142	61.8	124	88
8.4	50.0	99.0	1	45.0		41.3	35.1	663		429	307

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma\phi = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma c_u = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (M_o, E_d) - PROVA PENETROMETRICA 1
 (valori caratteristici e di progetto)

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	M_{om} [kN/m ²]	dev stand	M_{ok} [kN/m ²]	M_{od} [kN/m ²]	E_{dm} [kN/m ²]	dev stand	E_{dk} [kN/m ²]	E_{d_d} [kN/m ²]
2.0	2.8	6.2	10.0	4374	988	3770	3770	3696	835	3186	3186
9.2	9.8	21.5	36.0	15230	6610	13342	13342	12870	5586	11275	11275
9.8	25.7	52.8	3.0	37488	28929	29516	29516	31680	24447	24943	24943

PROVA PENETROMETRICA 2

H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
1.6	2.9	6.3	8.0	4491	2697	2559	2559	3795	2279	2163	2163
8.2	9.6	21.2	33.0	15052	6544	13093	13093	12720	5530	11064	11064
8.4	50.0	99.0	1.0	70290		45482	45482	59400		38436	38436

Num = Numero dei dati presi in considerazione per ogni strato
 M_{om} = Media del Modulo Confinato
 M_{ok} = Valore Caratteristico del Modulo Confinato (5° percentile di distribuzione della media)
 M_{od} = Valore di Progetto del Modulo Confinato
 E_{dm} = Media del Modulo Edometrico
 E_{dk} = Valore Caratteristico del Modulo Edometrico (5° percentile di distribuzione della media)
 E_{d_d} = Valore di Progetto del Modulo Edometrico

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI PROVA

(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

H	N	Nspt				Natura granulare			Natura Coesiva		
			Hm	γ	σ_v	Dr	Ks	Es	OCR	Ks	Ed
[m]	[media]	[media]	[media]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[%]	[mN/m ³]	[kN/m ²]	-	[mN/m ³]	[kN/m ²]
2.0	2.8	6.2	1.0	17	20.9	54.7	12.9	5289	0.2	9.3	3696
9.2	9.8	21.5	5.6	19	108.3	72.8	122.1	17054	>4	33.9	12870
9.8	25.7	52.8	9.5	20	182.4	96.0	519.4	37690	>4	80.0	31680

PROVA PENETROMETRICA 2

H	N	Nspt				Natura granulare			Natura Coesiva		
			Hm	γ	σ_v	Dr	Ks	Es	OCR	Ks	Ed
[m]	[media]	[media]	[media]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[%]	[mN/m ³]	[kN/m ²]	-	[mN/m ³]	[kN/m ²]
1.6	2.9	6.3	0.8	17	17.1	56.6	10.9	5388	0.3	9.4	3795
8.2	9.6	21.2	4.9	19	94.9	75.3	110.8	16674	>4	33.0	12720
8.4	50.0	99.0	8.3	21	155.6	100.0	841.1	69300	>4	142.6	59400

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m ³]
σ_v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = $21 \cdot [(10 \cdot N_{spt}) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = $Q_a \cdot 120$ - (Q_a = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ²] (Bowles, 1988)
Es = $Es = (105 - 35 \cdot Dr) \cdot N_{spt}$; OCR > 4 $Es = (525 - 350 \cdot Dr) \cdot N_{spt}$	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = $(Cu / (\sigma_v \cdot Kk))^{1.25}$	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = $60 \cdot N_{spt}$ (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)

2.4 Prospezioni geofisiche

In fase integrativa è stata realizzata una nuova prospezione sismica con tecnica MASW per la verifica della Vs30.

Quest'ultima ha fornito il seguente risultato:

CASE DONINI - MASW

Inizio registrazione: 07/08/13 17:52:56 Fine registrazione: 07/08/13 18:26:52

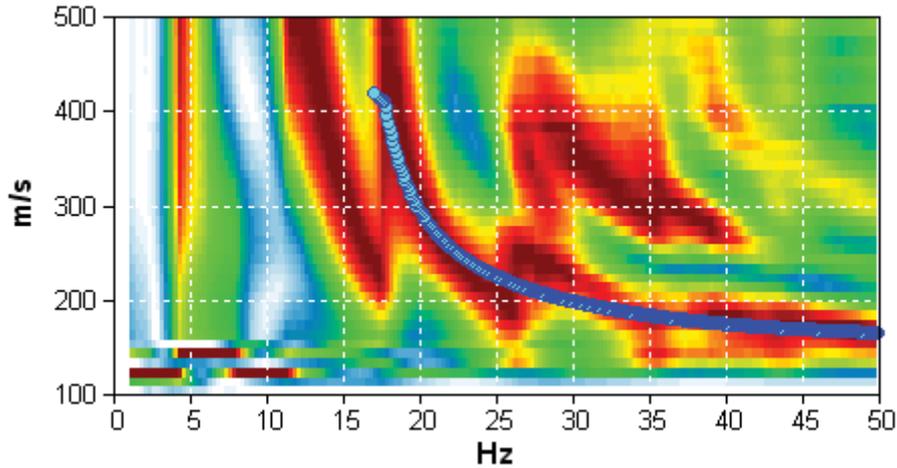
Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 1024 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ;
 B9 ; B10 ; B11 ; B12

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

FIG. 4 - MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.20	2.20	170	0.35
5.20	3.00	251	0.35
9.20	4.00	420	0.35
inf.	inf.	900	0.35

In conclusione, dall'analisi delle Vs30 misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

$$Vs30 = 521 \text{ m/s.}$$

Ai sensi del D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni) e della Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617, **si conferma l'appartenenza del terreno di fondazione esaminato alla categoria B:**

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360\text{m/s} < Vs_{30} < 800\text{m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250$ Kpa).

Con l'ausilio delle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007 della Regione Emilia Romagna, si ricalcolano i *Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo* tenendo conto della stratigrafia emersa dai sondaggi.

La velocità equivalente delle onde di taglio per il deposito di copertura si ottiene con la seguente formula:

$$Vs_{MEDIA} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}} = 264 \text{ m/s}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura
 h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo
 Vs_i = velocità (in m/s) dello strato i-esimo

Tenendo conto delle prove penetrometriche e delle prove sismiche realizzate sul sito si determina lo spessore dello strato di copertura a 9 m.

Da cui:

F.A. P.G.A. (Picco Accelerazione Gravitazionale) = 1.9

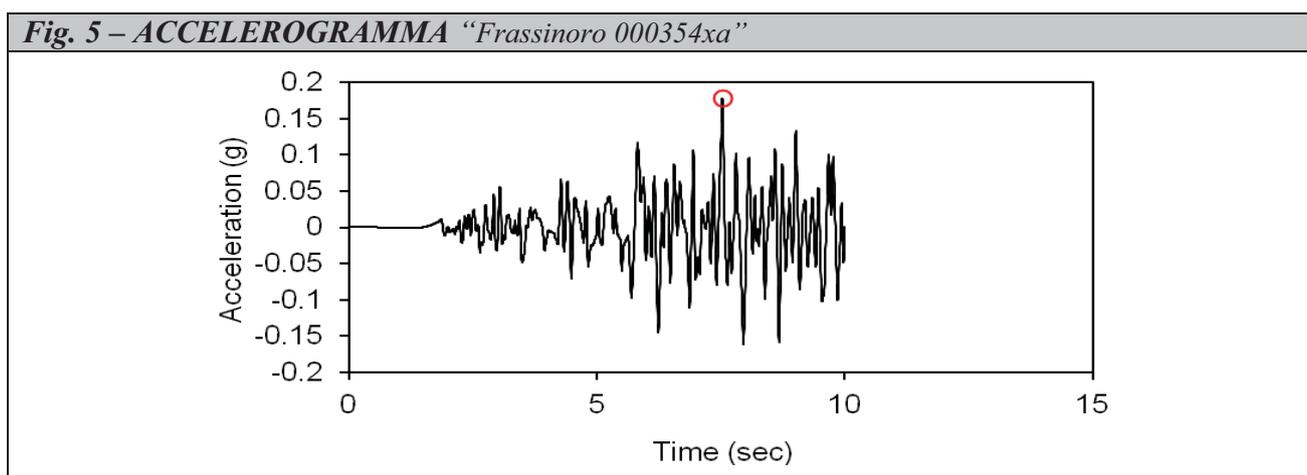
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s = 1.6

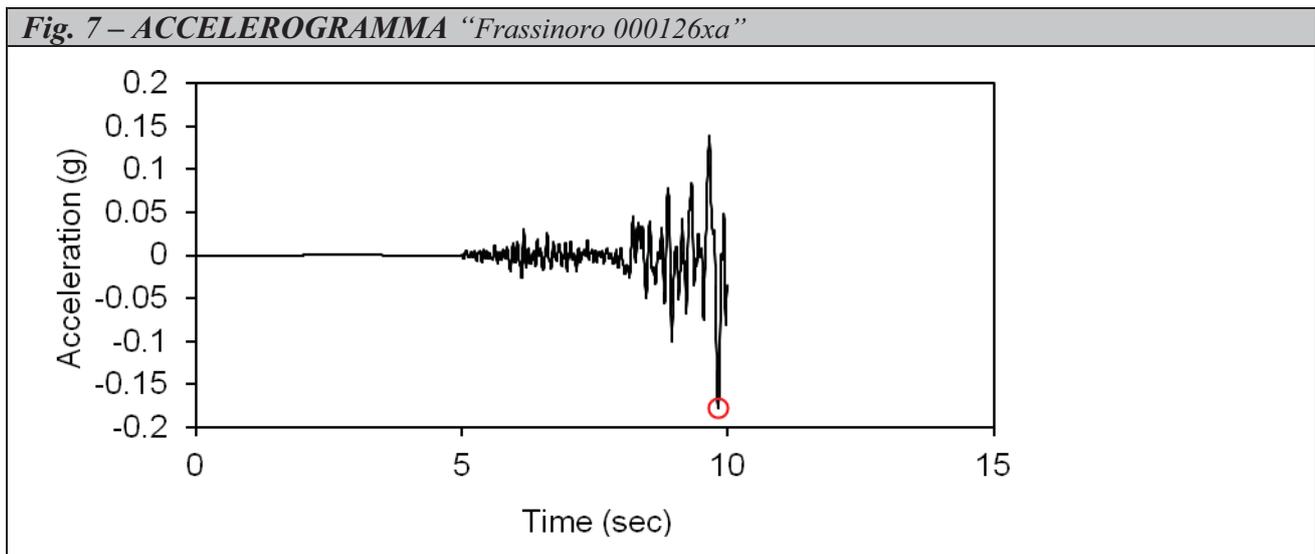
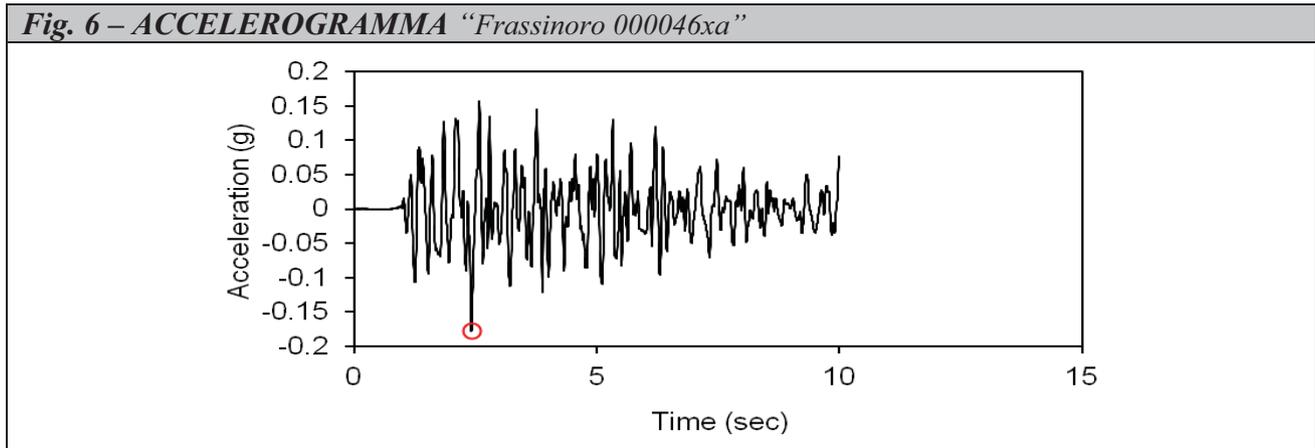
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s = 1.0

Si conferma l'assenza di orizzonti liquefacibili e di orizzonti oggetto di cedimenti permanenti post-sismici.

2.5 Modellazione numerica con codice di calcolo EERA

Gli accelerogrammi spettro-compatibili sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (ISESD) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD. In particolare gli accelerogrammi forniti dal Servizio Regionale, per il Comune di Frassinoro sono così rappresentati:





Nel cerchio, in ogni accelerogramma è indicata la PGA del sito su suolo di tipo A, come definita dalla Circolare RER 112 del 2007.

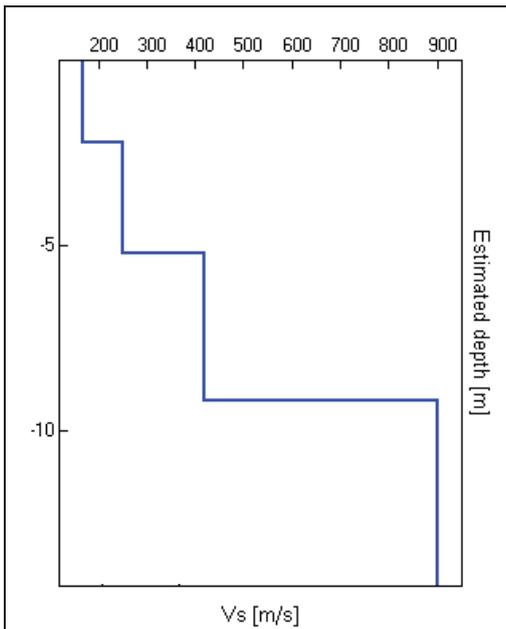
Per la definizione del profilo stratigrafico si sono utilizzati i risultati della prova realizzata con sismografo.

I dati ottenuti e immessi nel programma sono elencati nella tabella sotto riportata:

frassi 0000354xa
 Fundamental period (s) = 0.12
 Average shear wave velocity (m/sec) = 305.11
 Total number of sublayers = 4

Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1		2.2	54.50		18.50	170			1.1	20.35
	2		3.0	126.26		19.66	251			3.7	70.19
	3		4.0	359.63		20.00	420			7.2	139.68
Bedrok	4			1816.51		22.00	900	Outcrop		9.2	179.68

Che corrisponde al seguente profilo della velocità delle onde di taglio con la profondità:



Il programma utilizzato per il calcolo degli spettri di accelerazione orizzontale attesi al suolo al sito è il codice EERA che è stato applicato al modello di sottosuolo derivato dall'indagine geofisica e dalle prove penetrometriche dinamiche.

Tra gli accelerogrammi selezionati quello che ha dato i risultati di accelerazione spettrale più elevati è risultato quello denominato: *Frassinoro 00126xa*, pari a

Maximum Spectral Acceleration (g) = 1.1966
al periodo 0.13 sec

FIG. 8 – SPECTRAL ACCELERATION “Frassinoro 000126xa”

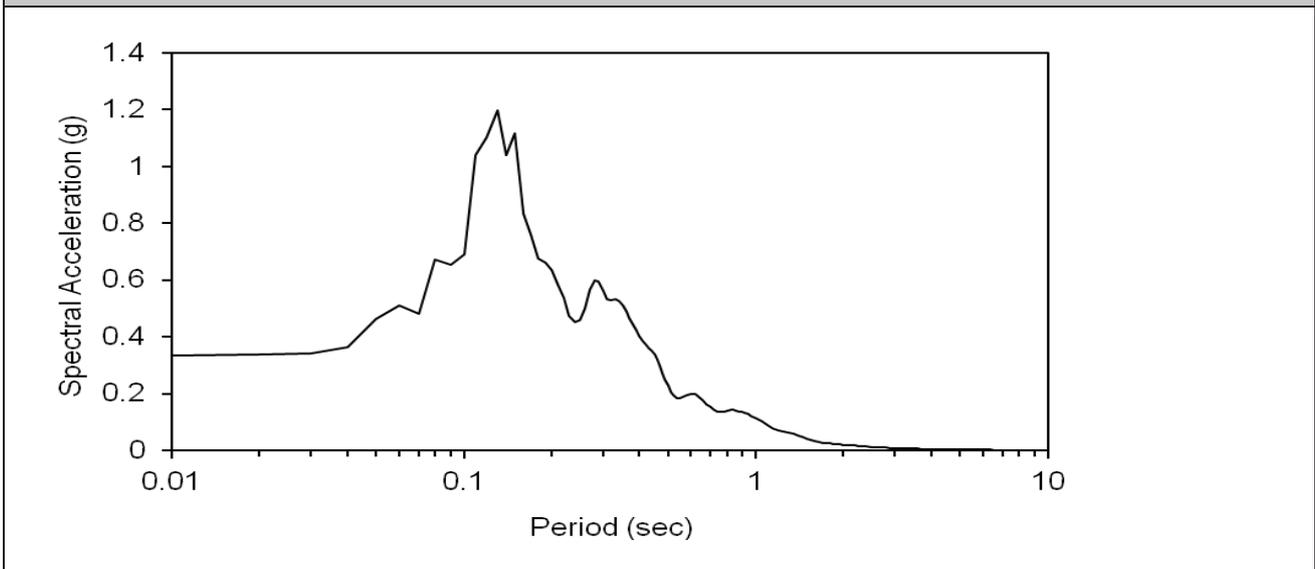


FIG. 9 – SPECTRAL RELATIVE VELOCITY “Frassinoro 000126xa”

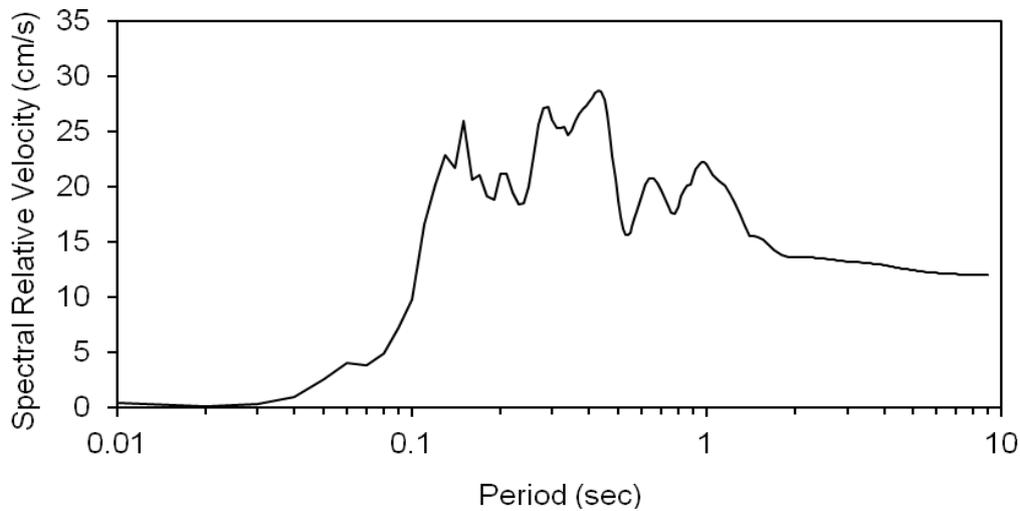
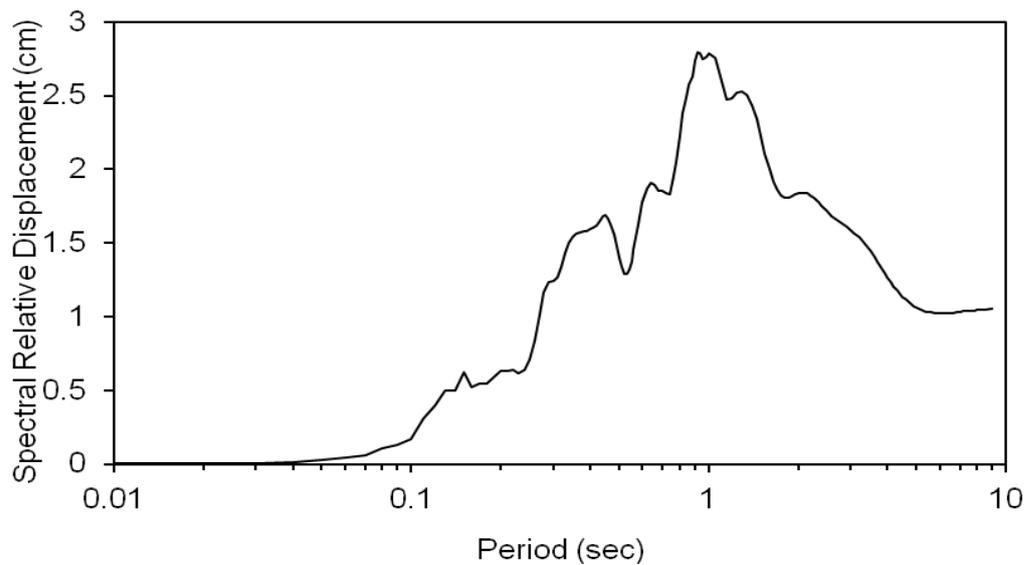


FIG. 10 – SPECTRAL RELATIVE DISPLACEMENT “Frassinoro 000126xa”



Mentre in termini di Fattori di Amplificazione (F.A.) sismica al suolo i risultati maggiormente cautelativi sono forniti dall'accelerogramma denominato “Frassinoro 000046xa”.

Nella tabella sottostante vengono sintetizzati e confrontati i valori ottenuti con le elaborazioni eseguite.

SINTESI DEI RISULTATI

Sigla accelerogramma	000126xa	000046xa	000354xa
Maximum acceleration (g)	0.335	0.416	0.176
Maximum relative velocity (m/s)	0.042	0.052	0.026
Maximum spectral acceleration (g)	1.19	0.69	0.85
Maximum relative velocity (m/s)	28.74	29.43	18.25
F.A. PGA	1.25	1.3	1.13
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s	1.06	1.16	1.07
F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s = 1.0	1.02	1.04	1.03

Osservando i *Fattori di Amplificazione* (F.A.) sismica al suolo si nota che i valori ottenuti con modellazione numerica sono inferiori a quelli ricavati dalle tabelle allegate alla deliberazione A. L. n. 112/2007. Si ritiene pertanto, in via cautelativa, di confermare la validità di questi ultimi che vengono di seguito ricordati:

F.A. P.G.A.) = 1.9

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < To < 0.5s = 1.6

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < To < 1.0s = 1.0

Tali valori risultano invece confrontabili con quelli ottenuti dall'*analisi semplificata* (come prevista dal D. M. 14/01/2008) declassando il terreno in categoria topografica T2 o T3 (coeff. di amplificazione topografica = 1.2).

In questo caso si determina infatti un fattore di amplificazione molto simile a quello delle tabelle regionali, pari a: **F.A. P.G.A. = 1.8**.

2.6 verifiche di stabilità con sollecitazioni dinamiche

2.6.1. Inquadramento dell'area

Nonostante la carta del PTCP (si veda Fig. 1) indichi la presenza di una frana quiescente confinante con il lotto occorre segnalare che:

- l'area studiata si trova in fregio alla strada Provinciale e risulta interclusa tra varie zone residenziali poste all'interno di un territorio storicamente stabile sul quale sono presenti strutture ed infrastrutture secolari in perfetto stato di conservazione,
- anche dal punto vista vegetale si rileva la presenza di alberature ultracentenarie (età indicativa circa 200 anni), sia sul lotto, sia a valle dello stesso (si veda foto 2),
- il rilevamento di dettaglio e la realizzazione dei sondaggi hanno individuato la presenza di terreni affioranti in condizione di stabilità presso l'area studiata (si veda FIG. 2 con relativa documentazione fotografica),
- l'archivio parrocchiale non riporta nessuna notizia in merito a movimenti franosi nei dintorni del sito,
- la carta del dissesto regionale conferma la totale assenza di riattivazioni documentate,
- le pendenze all'interno dell'area di variante sono molto deboli (si veda foto 1), ma anche in direzione di valle, dove si registra un aumento di acclività, *l'angolo di pendio* si mantiene molto inferiore *all'angolo di attrito interno* dei terreni affioranti,

- l'area ha già sopportati sismi di notevole magnitudo senza che si verificassero attivazioni di frane. Si ricorda in particolare l'evento del 07/09/1920 con epicentro nella vicina Fivizzano (meno di 30 Km) con magnitudo 6.4 e 300 vittime.

Foto 1 – area di variante



Foto 2– Faggio ultracentenario presso la zona di variante



Foto 3 – area di variante vista dalla ex S.S. 468



2.2 Verifica numerica

Sulla base della geometria del pendio, della profondità del substrato, della stratigrafia e delle proprietà geotecniche dei terreni identificati dai rilievi diretti e da prove pregresse eseguite dallo scrivente nei dintorni del sito, sono state eseguite 83 verifiche di stabilità in condizioni dinamiche su altrettante ipotetiche superfici di scorrimento.

Tali verifiche riguardano la traccia di sezione A – A' di Fig. 1, che percorre sia l'area di variante, sia i sottostanti terreni classificati come “*frana quiescente*” dal PTCP.

Il risultato maggiormente cautelativo è stato ottenuto con:

- il metodo di *Spencer (1967)*,
- falda a piano campagna
- superfici di scorrimento circolari.
- inserendo prudenzialmente il sito, per gli aspetti sismici, nella categoria topografica = T3.

Si è individuato:

$$\mathbf{Fs\ minimo} \quad = \quad \mathbf{3.18 > 1.1\ VERIFICATO}$$

Relazione di calcolo

Definizione

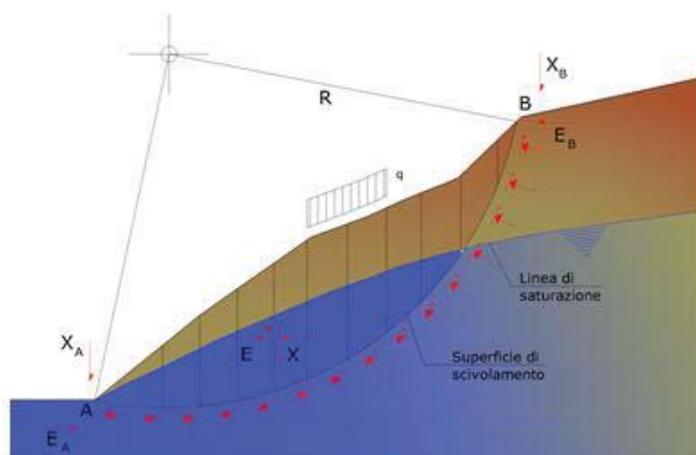
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).



Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;

- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = |6n - 2| - |4n| = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_j sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Spencer (1967)

Il metodo è basato sull'assunzione:

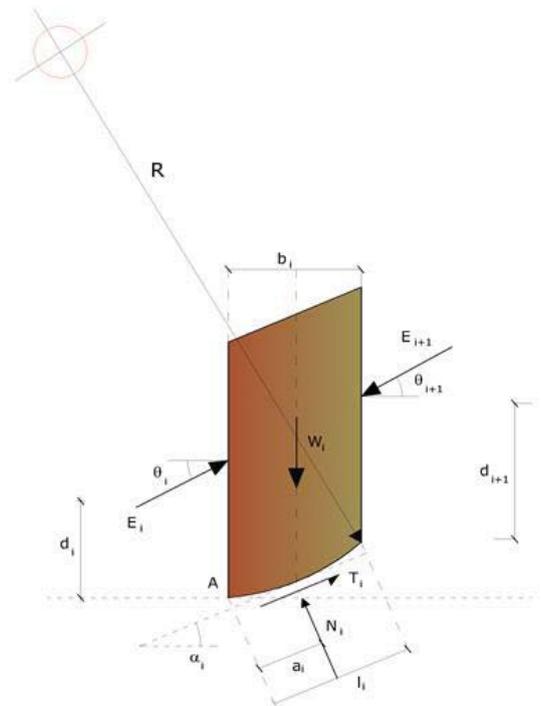
1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_j = 0$ con $i=1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \sum Q_i R \cos \alpha - \theta = 0$$

dove:

$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha \frac{\text{tg} \alpha}{F_s} - W \text{sen} \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \text{tg} \alpha \text{tg}(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$



forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_j rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum Q_i \cos \theta = 0$$

$$\sum Q_i \text{sen} \theta = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_j parallele fra loro, si può anche scrivere:

2) $\sum Q_i = 0$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo ϑ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Zona	Piandelagotti
Lat./Long.	44.2150012827832/10.5161240063223
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	96.38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1278.33 m
Ascissa vertice destro superiore xs	172.79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1304.28 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
=====	

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie	
Classe d'uso	Classe II	
Vita nominale:	50.0	[anni]
Vita di riferimento:	50.0	[anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.62	2.43	0.25
S.L.D.	50.0	0.78	2.44	0.26
S.L.V.	475.0	1.96	2.39	0.29
S.L.C.	975.0	2.5	2.4	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.8928	0.2	0.0182	0.0091
S.L.D.	1.1232	0.2	0.0229	0.0115
S.L.V.	2.8224	0.24	0.0691	0.0345
S.L.C.	3.4658	0.28	0.099	0.0495

Coefficiente azione sismica orizzontale **0.0182** (= 0.058 se terreno in cat. T1)

Coefficiente azione sismica verticale **0.0091** (= 0.029 se terreno in cat. T1)

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	1235.0
2	22.0	1230.0
3	32.0	1230.0
4	62.0	1229.0
5	72.0	1225.0
6	160.0	1203.0
7	202.0	1205.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	1234.99
2	22.0	1229.99
3	32.0	1229.99
4	62.0	1228.99
5	72.0	1224.99
6	160.0	1202.99
7	202.0	1204.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1234.0
2	22.0	1229.0
3	32.0	1228.0
4	62.0	1227.0
5	72.0	1225.0
6	160.0	1201.0
7	202.0	1203.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1225.0
2	22.0	1220.0
3	32.0	1220.0
4	62.0	1220.0
5	72.0	1217.0
6	160.0	1193.0
7	202.0	1193.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0.12	0.36	23.9	1850	2050	0.00	
2	0.32	1.26	31.5	1950	2150	0.00	
3	0.52	2.79	36.8	2050	2250	0.00	

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] (cat. Topografica T3)

Fs minimo individuato	3.18
Ascissa centro superficie	111.66 m
Ordinata centro superficie	1304.28 m
Raggio superficie	94.58 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

(ID=81) xc = 111.662 yc = 1304.275 Rc = 94.575 Fs=3.181

Lambda = -0.189

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	3.68	-36.14	4.56	9951.36
2	4.26	-33.21	5.09	35111.66
3	3.11	-30.59	3.61	36435.14
4	3.68	-28.22	4.18	47793.49
5	3.21	-25.87	3.57	44485.66
6	4.16	-23.43	4.53	62466.7
7	3.68	-20.85	3.94	60171.79
8	3.68	-18.49	3.88	63272.33
9	3.68	-16.14	3.83	65041.17
10	3.68	-13.84	3.79	65528.22
11	3.68	-11.54	3.76	64774.52
12	3.68	-9.29	3.73	62813.71
13	3.68	-7.03	3.71	59671.8
14	3.68	-4.78	3.7	55367.32
15	3.68	-2.55	3.69	49916.58
16	3.68	-0.32	3.68	43325.46
17	3.68	1.91	3.68	35598.71
18	3.68	4.16	3.69	26735.41
19	3.68	6.39	3.71	16726.89
20	3.68	8.65	3.72	5731.78

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	-429.94	2274.56	0.0	0.0	7221.54	586.3	1308.23
2	-1720.62	9102.84	-429.94	2274.56	27332.46	2288.97	3920.53
3	-2912.69	15409.44	-1720.62	9102.84	29804.52	1625.35	5518.92
4	-4901.69	25932.18	-2912.69	15409.44	39685.45	1880.59	6073.49
5	-6302.64	33343.82	-4901.69	25932.18	38771.0	1604.56	6453.98
6	-8713.8	46099.97	-6302.64	33343.82	55431.83	2038.49	6982.18
7	-10495.24	55524.6	-8713.8	46099.97	55441.83	1773.25	7596.44
8	-12026.96	63628.11	-10495.24	55524.6	59799.89	1747.3	7991.94
9	-13195.86	69812.11	-12026.96	63628.11	62777.5	1725.12	8219.24
10	-13927.47	73682.64	-13195.86	69812.11	64273.34	1706.67	8284.67
11	-14167.51	74952.6	-13927.47	73682.64	64258.53	1691.31	8193.36
12	-13896.94	73521.13	-14167.51	74952.6	62702.93	1679.11	7949.58
13	-13114.1	69379.58	-13896.94	73521.13	59624.98	1669.65	7556.64
14	-11843.45	62657.25	-13114.1	69379.58	55054.7	1662.88	7016.85
15	-10136.98	53629.23	-11843.45	62657.25	49058.39	1658.74	6332.28
16	-8066.67	42676.36	-10136.98	53629.23	41714.16	1657.12	5503.66
17	-5730.96	30319.4	-8066.67	42676.36	33133.91	1658.02	4531.62
18	-3254.43	17217.43	-5730.96	30319.4	23452.44	1661.47	3416.02
19	-793.3	4196.91	-3254.43	17217.43	12845.09	1667.46	2155.76
20	-9.1	48.17	-793.3	4196.91	4303.57	478.9	749.27

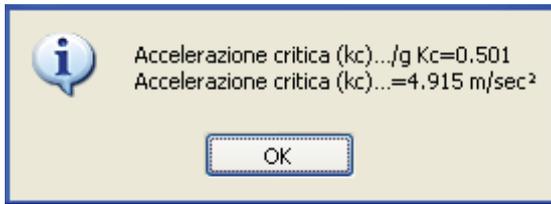
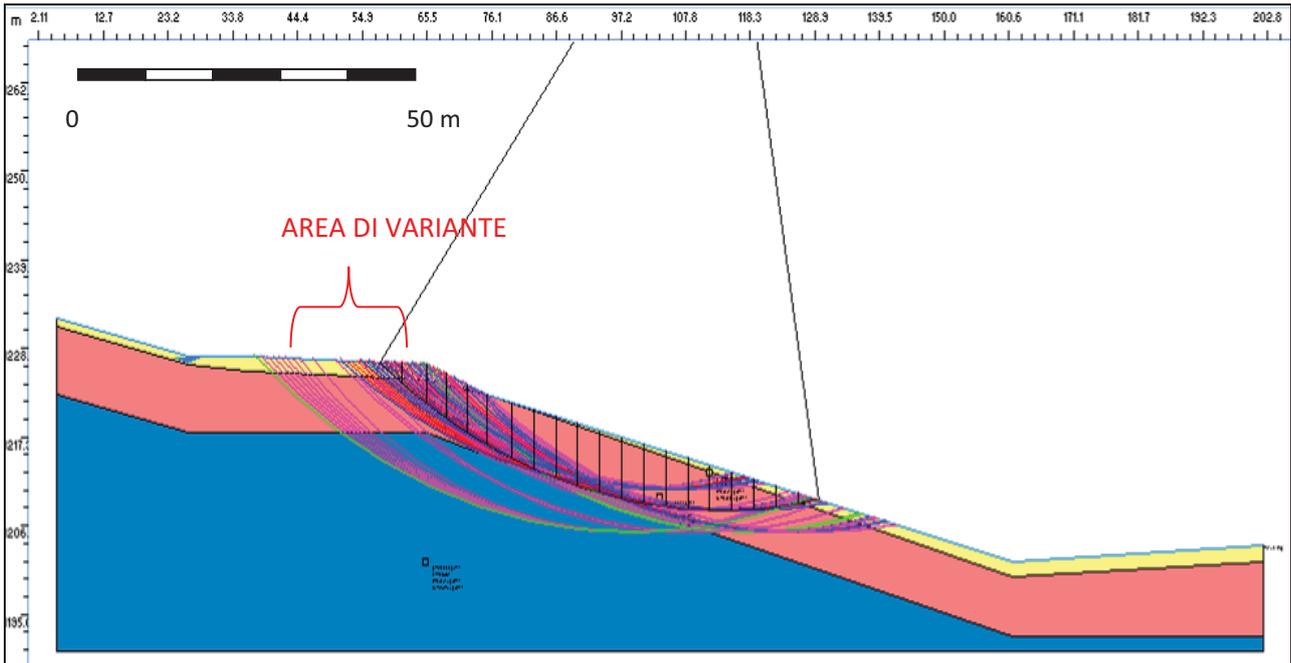


FIG. 11 – SEZIONE A –A’ CON SUPERFICI CALCOLATE



RISULTATI ANALISI PENDIO [A2+M2+R2] (CAT. TOPOGRAFICA T1)

Fs minimo individuato = 3.22

DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
 ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
 GEOLOGI CON IL NUMERO 558

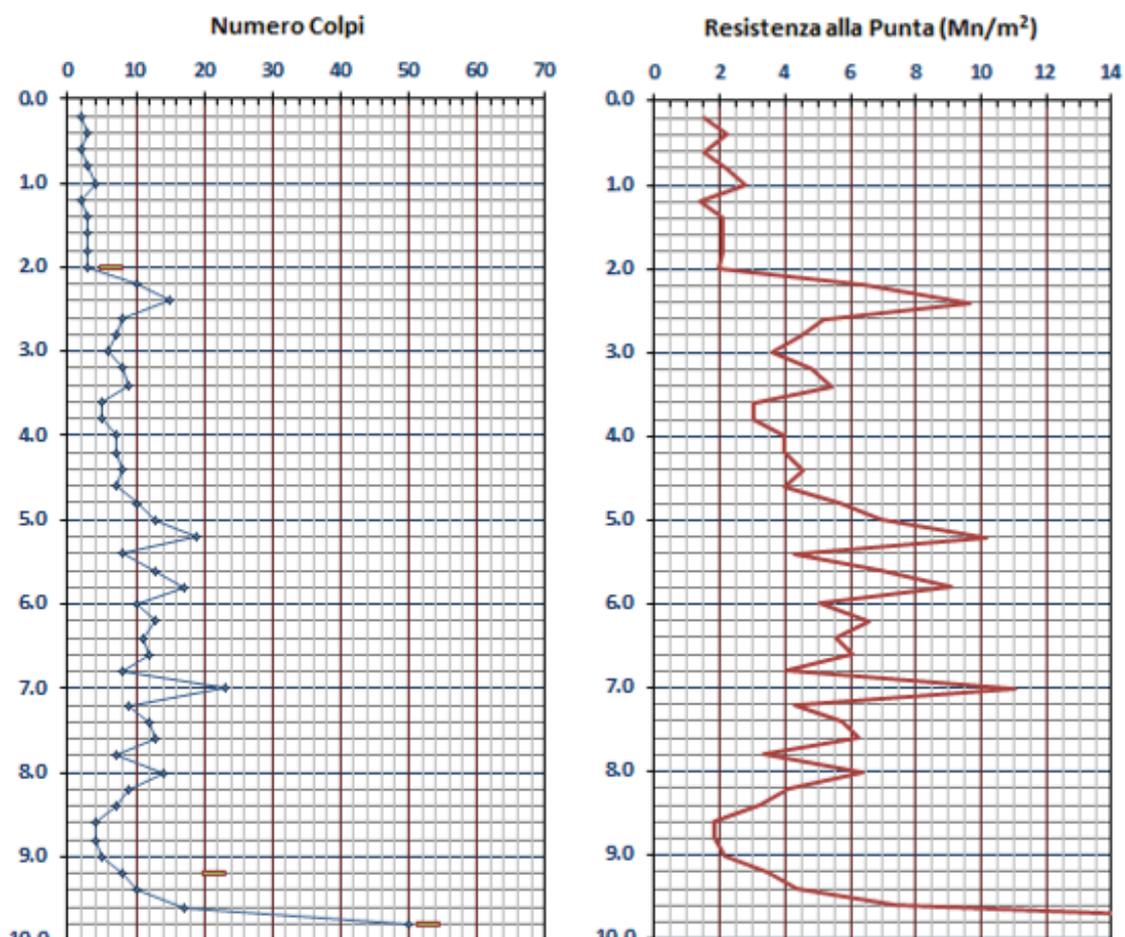


in senso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

ALLEGATI

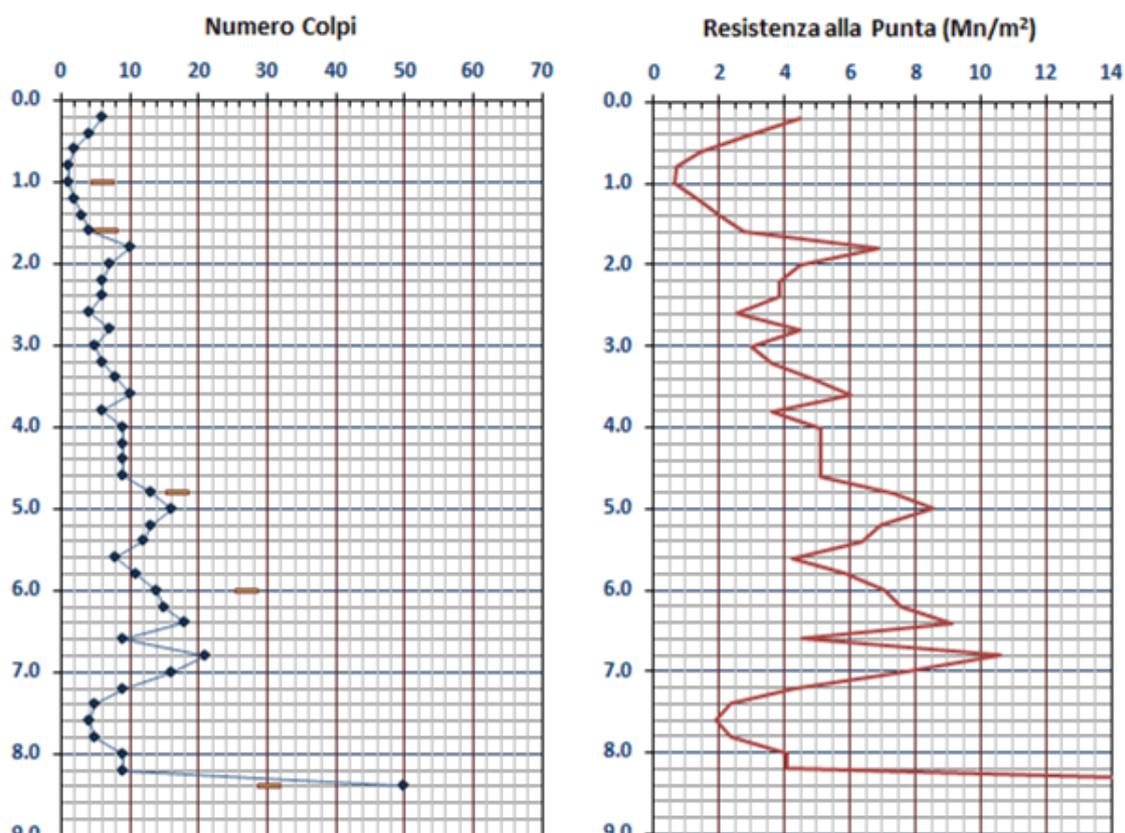
PROVA PENETROMETRICA P1

H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.20	2	4.4	23.1	3124	46	29	2640	52	3.8	1	1490	60
0.40	3	6.6	24.9	4686	61	44	3960	78	7.6	1	2235	89
0.60	2	4.4	23.1	3124	68	29	2640	54	11.4	1	1490	60
0.80	3	6.6	24.9	4686	88	44	3960	81	15.2	1	2235	89
1.00	4	8.8	26.5	6248	114	59	5280	107	19.0	2	2762	110
1.20	2	4.4	23.1	3124	101	29	2640	58	22.8	2	1381	55
1.40	3	6.6	24.9	4686	129	44	3960	85	26.6	2	2071	83
1.60	3	6.6	24.9	4686	142	44	3960	86	30.4	2	2071	83
1.80	3	6.6	24.9	4686	155	44	3960	87	34.2	2	2071	83
2.00	3	6.6	24.9	4686	169	44	3960	88	38.0	3	1930	77
2.20	10	22.0	33.2	15620	405	147	13200	266	41.8	3	6434	257
2.40	15	33.0	36.8	23430	670	221	19800	394	45.6	3	9652	386
2.60	8	17.6	31.2	12496	384	118	10560	219	49.4	3	5148	206
2.80	7	15.4	30.2	10934	368	103	9240	195	53.2	3	4504	180
3.00	6	13.2	29.1	9372	349	88	7920	171	57.0	4	3615	145
3.20	8	17.6	31.2	12496	465	118	10560	222	60.8	4	4819	193
3.40	9	19.8	32.2	14058	547	133	11880	249	64.6	4	5422	217
3.60	5	11.0	27.8	7810	364	74	6600	149	68.4	4	3012	120
3.80	5	11.0	27.8	7810	383	74	6600	150	72.2	4	3012	120
4.00	7	15.4	30.2	10934	511	103	9240	202	76.0	5	3964	159
4.20	7	15.4	30.2	10934	535	103	9240	203	79.8	5	3964	159
4.40	8	17.6	31.2	12496	626	118	10560	230	83.6	5	4531	181
4.60	7	15.4	30.2	10934	583	103	9240	206	87.4	5	3964	159
4.80	10	22.0	33.2	15620	843	147	13200	283	91.2	5	5663	227
5.00	13	28.6	35.7	20306	1187	192	17160	360	95.0	6	6946	278
5.20	19	41.8	38.9	29678	1856	280	25080	513	98.8	6	10152	406
5.40	8	17.6	31.2	12496	760	118	10560	236	102.6	6	4274	171
5.60	13	28.6	35.7	20306	1325	192	17160	364	106.4	6	6946	278
5.80	17	37.4	37.9	26554	1804	251	22440	466	110.2	6	9083	363
6.00	10	22.0	33.2	15620	1046	147	13200	291	114.0	7	5057	202
6.20	13	28.6	35.7	20306	1463	192	17160	368	117.8	7	6574	263
6.40	11	24.2	34.1	17182	1235	162	14520	318	121.6	7	5563	223
6.60	12	26.4	34.9	18744	1409	177	15840	345	125.4	7	6069	243
6.80	8	17.6	31.2	12496	949	118	10560	245	129.2	7	4046	162
7.00	23	50.6	40.8	35926	3219	339	30360	625	133.0	8	11041	442
7.20	9	19.8	32.2	14058	1121	133	11880	273	136.8	8	4320	173
7.40	12	26.4	34.9	18744	1575	177	15840	350	140.6	8	5760	230
7.60	13	28.6	35.7	20306	1786	192	17160	376	144.4	8	6240	250
7.80	7	15.4	30.2	10934	964	103	9240	226	148.2	8	3360	134
8.00	14	30.8	36.2	21868	2004	206	18480	404	152.0	9	6396	256
8.20	9	19.8	32.2	14058	1271	133	11880	279	155.8	9	4111	164
8.40	7	15.4	30.2	10934	1036	103	9240	230	159.6	9	3198	128
8.60	4	8.8	26.5	6248	715	59	5280	155	163.4	9	1827	73
8.80	4	8.8	26.5	6248	731	59	5280	157	167.2	9	1827	73
9.00	5	11.0	27.8	7810	859	74	6600	183	171.0	10	2179	87
9.20	8	17.6	31.2	12496	1271	118	10560	260	174.8	10	3486	139
9.40	10	22.0	33.2	15620	1619	147	13200	312	178.6	10	4358	174
9.60	17	37.4	37.9	26554	2964	251	22440	490	182.4	10	7408	296
9.80	50	99.0	45.0	70290	8402	663	59400	1199	186.2	10	21788	872



PROVA PENETROMETRICA 2

H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v' [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]				
0.20	6	13.2	29.1	9372	56	88	7920	153	3.8	1	4469	179
0.40	4	8.8	26.5	6248	66	59	5280	104	7.6	1	2979	119
0.60	2	4.4	23.1	3124	68	29	2640	54	11.4	1	1490	60
0.80	1	2.2	20.7	1562	69	15	1320	30	15.2	1	745	30
1.00	1	2.2	20.7	1562	78	15	1320	32	19.0	2	690	28
1.20	2	4.4	23.1	3124	101	29	2640	58	22.8	2	1381	55
1.40	3	6.6	24.9	4686	129	44	3960	85	26.6	2	2071	83
1.60	4	8.8	26.5	6248	161	59	5280	111	30.4	2	2762	110
1.80	10	22.0	33.2	15620	338	147	13200	264	34.2	2	6905	276
2.00	7	15.4	30.2	10934	273	103	9240	189	38.0	3	4504	180
2.20	6	13.2	29.1	9372	265	88	7920	165	41.8	3	3861	154
2.40	6	13.2	29.1	9372	286	88	7920	167	45.6	3	3861	154
2.60	4	8.8	26.5	6248	240	59	5280	117	49.4	3	2574	103
2.80	7	15.4	30.2	10934	368	103	9240	195	53.2	3	4504	180
3.00	5	11.0	27.8	7810	309	74	6600	145	57.0	4	3012	120
3.20	6	13.2	29.1	9372	370	88	7920	172	60.8	4	3615	145
3.40	8	17.6	31.2	12496	492	118	10560	224	64.6	4	4819	193
3.60	10	22.0	33.2	15620	641	147	13200	275	68.4	4	6024	241
3.80	6	13.2	29.1	9372	433	88	7920	176	72.2	4	3615	145
4.00	9	19.8	32.2	14058	638	133	11880	253	76.0	5	5097	204
4.20	9	19.8	32.2	14058	668	133	11880	254	79.8	5	5097	204
4.40	9	19.8	32.2	14058	698	133	11880	255	83.6	5	5097	204
4.60	9	19.8	32.2	14058	728	133	11880	256	87.4	5	5097	204
4.80	13	28.6	35.7	20306	1141	192	17160	359	91.2	5	7362	294
5.00	16	35.2	37.3	24992	1456	236	21120	436	95.0	6	8549	342
5.20	13	28.6	35.7	20306	1233	192	17160	361	98.8	6	6946	278
5.40	12	26.4	34.9	18744	1159	177	15840	337	102.6	6	6412	256
5.60	8	17.6	31.2	12496	787	118	10560	238	106.4	6	4274	171
5.80	11	24.2	34.1	17182	1123	162	14520	315	110.2	6	5877	235
6.00	14	30.8	36.2	21868	1512	206	18480	392	114.0	7	7080	283
6.20	15	33.0	36.8	23430	1676	221	19800	418	117.8	7	7586	303
6.40	18	39.6	38.4	28116	2128	265	23760	495	121.6	7	9103	364
6.60	9	19.8	32.2	14058	1030	133	11880	269	125.4	7	4551	182
6.80	21	46.2	39.9	32802	2756	310	27720	573	129.2	7	10620	425
7.00	16	35.2	37.3	24992	2025	236	21120	448	133.0	8	7680	307
7.20	9	19.8	32.2	14058	1121	133	11880	273	136.8	8	4320	173
7.40	5	11.0	27.8	7810	713	74	6600	173	140.6	8	2400	96
7.60	4	8.8	26.5	6248	636	59	5280	149	144.4	8	1920	77
7.80	5	11.0	27.8	7810	749	74	6600	176	148.2	8	2400	96
8.00	9	19.8	32.2	14058	1241	133	11880	278	152.0	9	4111	164
8.20	9	19.8	32.2	14058	1237	133	11880	279	153.8	9	4111	164
8.40	50	99.0	45.0	70290	7009	663	59400	1188	155.6	9	22841	914



<i>Domanda</i>	n. 020
<i>Richiedente</i>	Hatton Natalie Elena
<i>Foglio</i>	40
<i>Mappali</i>	475
<i>Tavola PRG</i>	5.8



RICHIESTA di VARIANTE al PRG
DEL COMUNE di FRASSINORO
RELATIVA ad UN'AREA da destinare a
“ZONA DI COMPLETAMENTO – B1”
in LOCALITA' PERE STORTE
di FONTANALUCCIA

RELAZIONE
GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
GEOTECNICA E SISMICA
INTEGRAZIONE 2013

ROPRIETÁ
HATTON NATALIE ELENA

AGOSTO 2013

DOTT.SSA GEOL. STEFANIA ASTI

Via Maestra di Bagazzano, 97/2 - 41015 Nonantola (Mo)

☎ 3356635599

@ stefania.asti@tin.it

piano regolatore generale Frassinoro - Variante Parziale 06/2013 - Allegato 5 Integrazioni Perizie geologiche

RICHIESTA DI VARIANTE AL PRG
DEL COMUNE DI FRASSINORO
RELATIVA AD UN'AREA DA DESTINARE A
“ZONA DI COMPLETAMENTO – B I ”
IN LOCALITA' PERE STORTE DI
FONTANALUCCIA
INTEGRAZIONE 2013

RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOMORFOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

A cura di Dott.ssa Geol. Stefania Asti

COMMITTENTE: HATTON NATALIE ELENA

INDICE

PREMESSA

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

1.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

2. VINCOLI NORMATIVI IN RELAZIONE AGLI STUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAODINATI

2.1 PSFF e PAI – Piano Stralcio Fasce Fluviali e Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO

2.2 P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINE GEOGNOSTICA

3.2 VERIFICA DI STABILITÀ DELL'AREA

4. SISMICITÀ

4.1 NORMATIVA SISMICA

4.2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO DI FRASSINORO

4.3 SISMICITÀ DEL SITO D'INDAGINE

4.3.1 Metodo d'indagine

4.3.2 Strumentazione

4.3.3 Elaborazione

4.3.4 Risultati - determinazione delle categoria del suolo di fondazione

4.4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE DELLA PROPOSTA DI VARIANTE AL PRG DI FRASSINORO

PREMESSA

Su incarico della proprietaria Natalie Hatton, si è provveduto alla stesura della presente relazione geologica, geomorfologica, geotecnica e sismica a corredo della richiesta di Variante al Piano Regolatore Comunale del Comune di Frassinoro, finalizzata all'inserimento in Piano di un'area edificabile di proprietà della committenza sita nella frazione di Fontanaluccia.

L'area, ubicata in località Pere Storte di Fontanaluccia, è attualmente destinata a zona agricola e si presenta come un lotto incolto a ridosso dell'area edificata della borgata.

Al fine di verificare l'idoneità del sito all'edificabilità di cui in richiesta, ne sono state analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrografiche, geotecniche e sismiche, è stato effettuato un sopralluogo sul sito, durante il quale si è presa visione della situazione esistente ed è stata effettuata una caratterizzazione geognostica e sismica dell'area.

In particolare, allo scopo di caratterizzare il sito d'interesse, in data 02 agosto 2012 è stata condotta una campagna d'indagine geognostica consistita nella realizzazione di una prova penetrometrica dinamica super-pesante, spinta sino alla profondità di rifiuto all'infissione dello strumento, registrata alla profondità di -9.9 m dal piano campagna.

L'indagine è inoltre stata completata attraverso l'esecuzione di una prova geofisica con metodo MASW eseguita nel sito in studio.

Per le considerazioni e valutazioni specifiche di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico, ci si è avvalsi delle conoscenze dirette delle aree in oggetto, oltre che dei dati di indagini eseguite in aree prossime a quella in esame.

Con riferimento al "Parere ai sensi dell'art. 5 della L.R. 19 del 30-10-2008 - Norme per la riduzione del rischio sismico - Variante Parziale al PRG Giugno 2013 e Microzonazione sismica - Prot. Com. n. 335 del 30/01/2013 - prot. Prov. Modena n. 11650 del 05/02/2013, Class. 07.04.05 - fasc. 2139" ed in particolare alla richiesta di integrazioni

Integrazioni:

Approfondimenti di III livello.

Rivalutazione della categoria del sottosuolo di fondazione

si è provveduto a modificare il paragrafo 4.3.4 "Risultati - determinazione delle categoria del suolo di fondazione", definendo il valore di V_{sh} relativo ai primi 11 m dal p.c., sostituendolo al precedente valore di V_{s30} e ridefinendo pertanto la relativa categoria di suolo di fondazione ai sensi del D.M. 14-01-2008.

Si è provveduto conseguentemente a modificare il capitolo 5 "VALUTAZIONI CONCLUSIVE IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE DELLA PROPOSTA DI VARIANTE AL PRG DI FRASSINORO" per la parte relativa.

I. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame si estende nella zona sud-occidentale del territorio comunale di Frassinoro, nella frazione di Fontanaluccia nella borgata Pere Storte (Fig. 1); il lotto si colloca nella zona orientale della borgata, a ridosso delle abitazioni esistenti (Fig. 2).

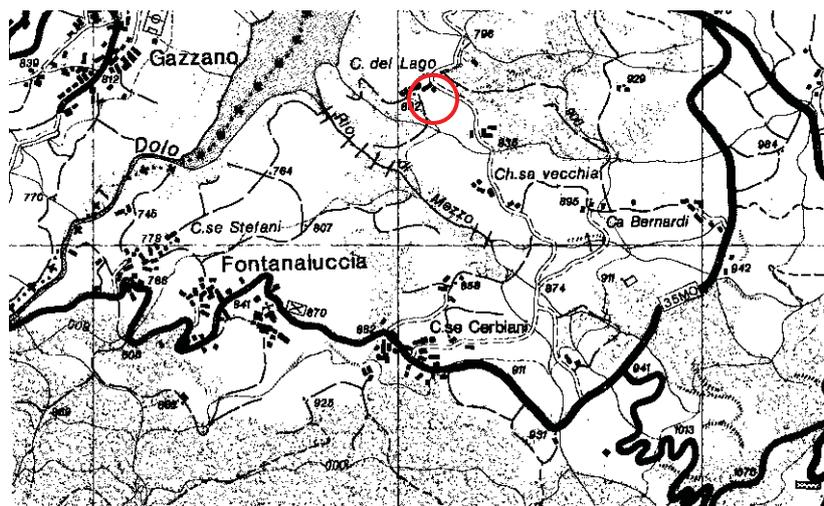
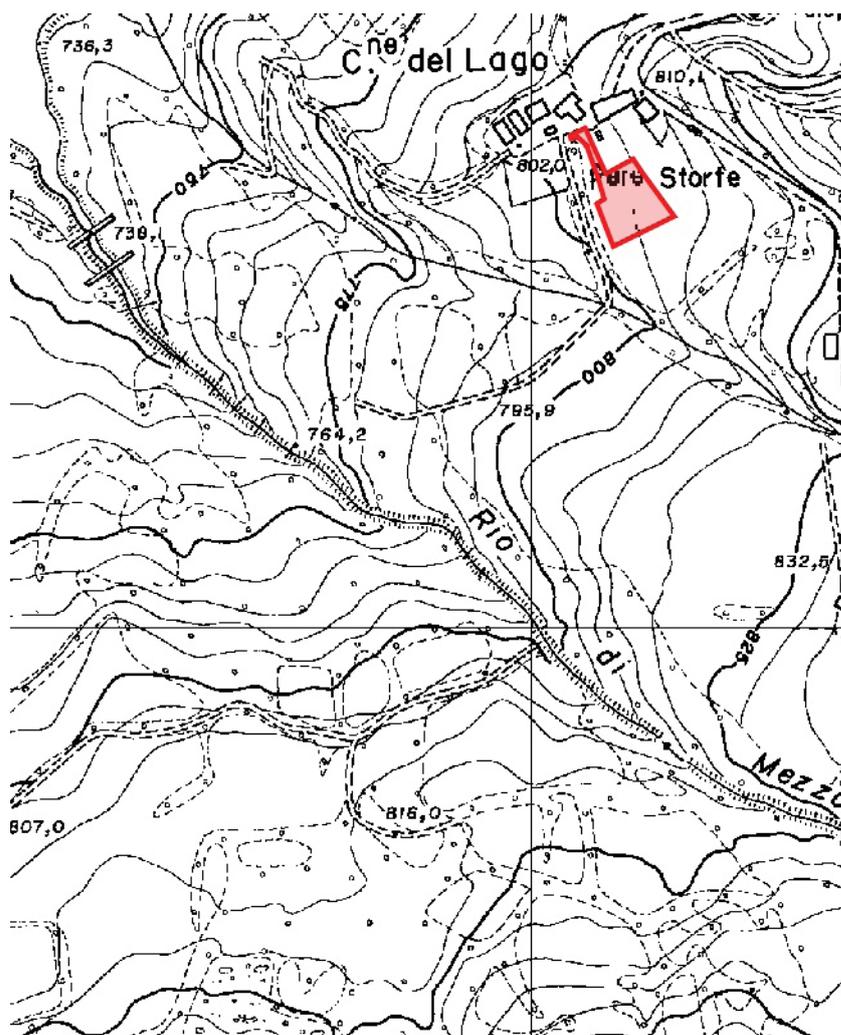


Figura 1 – Corografia area d'intervento (da Carta topografica R.E.R. Tavola 235 SE "Pievepelago")

scala 1:25.000

Si tratta di una zona di media montagna, posta ad una quota di circa 800 m s.l.m. lungo il versante nord del Monte Roncadello (1350 m s.l.m.) che degrada, con direzione occidentale, verso il fondovalle del Torrente Dolo, che scorre poco a valle del sito in esame con direzione SO-NE.

Da un punto di vista topografico l'area si sviluppa a quote comprese tra 800 - 805 m s.l.m., presentando una debole pendenza verso ovest. (Figura 2) Il versante degrada quindi debolmente verso sud-ovest, in direzione del Rio Piccolo, posto poco a valle dell'area in esame.



La cartografia di riferimento è di seguito riportata:

- Carta topografica 1:25.000 della R.E.R. - Tavole 235 SE "Pievepelago" (Fig. 1);
- C.T.R. 1:10.000 della R.E.R. - Sezione n. 235110 "Frassinoro";
- C.T.R. 1:5.000 della R.E.R. - Elemento n. 235113 "Fontanaluccia" (Fig. 2).

Catastralmente l'area d'interesse è compresa nel Foglio 40, mappali 185p e 189p del N.C.T. del comune di Frassinoro.

Attualmente l'area in oggetto si presenta incolta.

1.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area in studio è posta nel medio Appennino modenese, ad una quota di circa 800 m s.l.m.; per la caratterizzazione dei terreni presenti si è fatto riferimento, sia alla Carta Geologica in scala 1:10.000 del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della RER (figura 3), sia ai dati raccolti mediante un rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio.

Dal punto di vista geologico, nella zona di Fontanaluccia si rinvencono essenzialmente terreni appartenenti alla Falda Toscana, ed in particolare affiorano litologie arenacee, riconducibili alla formazione delle Arenarie di Monte Cervarola (membro del torrente Dardagna – litofacies arenaceo pelitica), nella pendice a monte dell'abitato fino al crinale, terreni prevalentemente argillosi, costituiti da una formazione complessa in giacitura olistostromica con inclusi riconducibili all'unità Sestola-Vidiciatico, nel resto del versante sino all'alveo del T. Dolo e litotipi calcareo marnosi appartenente alla formazione dell'Abetina Reale, nella zona più settentrionale.

Nell'area in esame il substrato è costituito da terreni appartenenti alla Formazione dell'Abetina Reale (ABT), anche se tali terreni, nel sito d'indagine, non affiorano direttamente ma sono sovrastati da una coltre detritica di spessore variabile; affioramenti del substrato sono invece riconoscibili poco a monte del lotto, in prossimità della strada comunale.

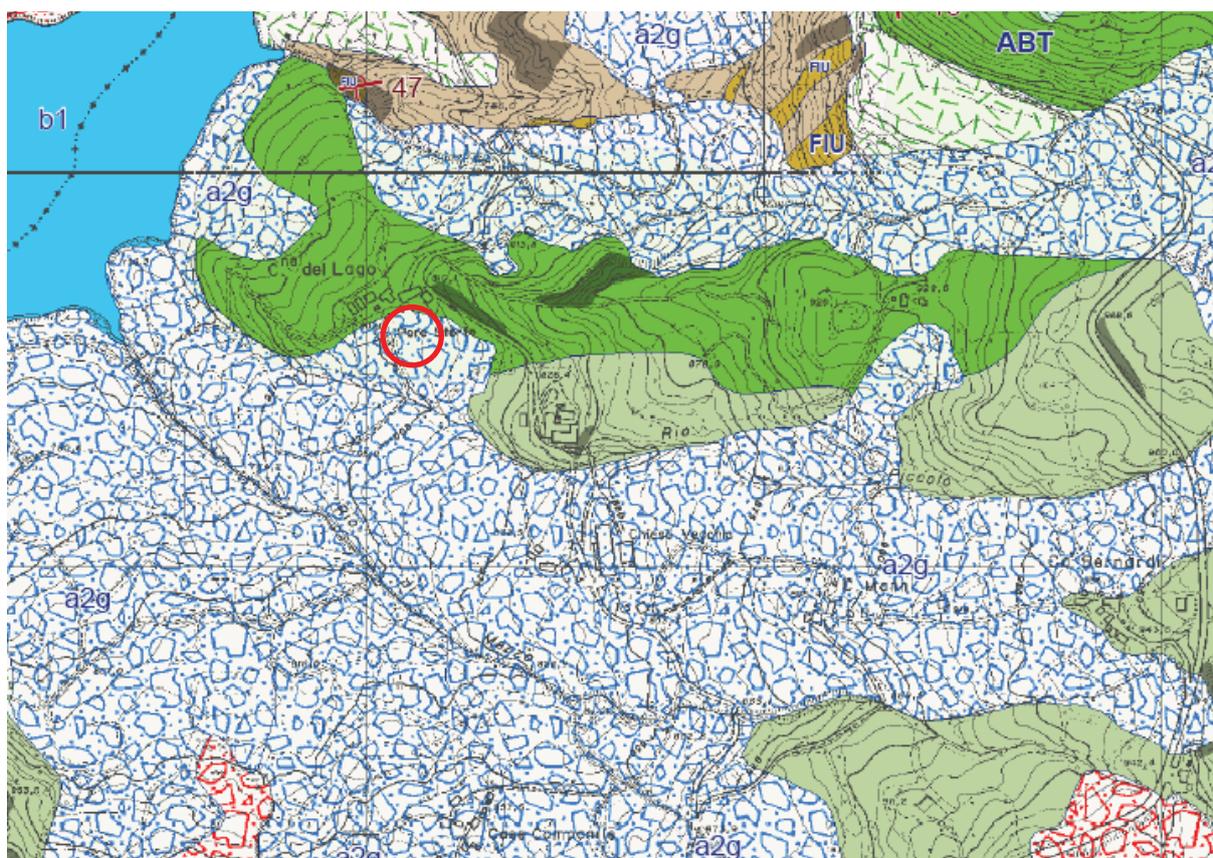
La Formazione dell'Abetina Reale è costituita da torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetri, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinatamente si trovano calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri e sono possibili locali intercalazioni di brecce poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche.

Si tratta di torbiditi appartenenti alla Successione Modino, che sono state deposte in ambiente marino profondo.

Il passaggio è discordante rispetto alla formazione sottostante ed i contatti tettonici sono prevalentemente con la Formazione delle Argilliti Varicolori (AVC). Potenza di 200-300 m circa.

Tali terreni affiorano nella zona posta immediatamente a nord del lotto in esame, che risulta invece interessato dalla presenza di una coltre detritica di tipo gravitativo, derivante da movimenti franosi attualmente quiescenti; come confermato dal sondaggio penetrometrico effettuato, sono presenti materiali di copertura, sino a circa 9 m di profondità, seguiti dai materiali marnosi del substrato.

Nella zona posta più a sud, in corrispondenza del centro abitato di Fontanaluccia, a ridosso della SP. 35, tra le borgate di Case Farioli, La Chiesa e Case Cerbiani, affiorano invece i terreni appartenenti alla Formazione delle Argilliti Variegate con Calcani (AVC); nella zona posta a nord, affiorano infine litologie appartenenti alla formazione delle Marne di Marmoreto (MMA).



Punti di osservaz. e misura (10K)

-  stratificazione a polarità sconosciuta
-  stratificazione dritta
-  stratificazione rovesciata
-  stratificazione verticale

Coperture quaternarie (10K)

-  AES8 - Substistema di Ravenna
-  AES8a - Unità di Modena
-  a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
-  a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
-  a1g - Deposito di frana attiva complessa
-  a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
-  a2g - Deposito di frana quiescente complessa
-  a3 - Deposito di versante s.l.
-  a4 - Deposito eluvio-colluviale
-  b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Limiti di unità geologiche (10K)

-  contatto stratigrafico o litologico certo
-  limite di natura incerta
-  sovrascorrimento certo
-  sovrascorrimento di importanza minore certo

Affioramenti (aree) (10K)

Unità geologiche (10K)

-  ABT - Formazione dell'Abetina Reale
-  AFC - Formazione del Fosso della Cà
-  AVC - Argilliti variegata con calcari
-  CEV1 - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna
-  SRP1 - Formazione di Serpiano - membro dei poggi di Fontanaluccia

Figura 3 – Carta geologica –
Sez. 235110

(Estratto Carta geologica della
Regione Emilia Romagna)

scala 1:10.000

Da un punto di vista tettonico questo settore dell'Appennino settentrionale si caratterizza per la presenza di unità strutturali impilate le une sulle altre; quest'assetto tettonico è riconoscibile soprattutto nella zona a nord dell'allineamento Fontanaluccia - Madonna di Pietravolta, dove le unità riferibili al Dominio toscano soggiacciono geometricamente alle Liguridi.

Nella zona a sud di tale allineamento affiorano invece soprattutto le unità del Dominio Toscano e la Formazione di Monte Caio; quest'ultima sovrasta o giustapposta lateralmente alle prime attraverso contatti tettonici di accavallamento o faglie sub-verticali ad andamento grossomodo NO-SE.

L'assetto tettonico appena descritto, che costituisce una costante strutturale per questo settore della catena Appenninica settentrionale, è il diretto responsabile dell'assetto geomorfologico dell'area; infatti, proprio in conseguenza di tali accavallamenti strutturali, si hanno solitamente formazioni argillose e marnose maggiormente erodibili nelle parti medio-basse dei versanti e unità lapidee nelle zone alte, a formare le dorsali principali.

Questa distribuzione spaziale dei litotipi, che trova una sua esplicazione nello schema strutturale appena descritto, rappresenta una delle cause principali che hanno favorito l'instaurarsi di processi morfogenetici erosivi molto accentuati, con incisione di valli molto profonde e strette (T. Dragone, T. Dolo) sui cui versanti sono numerosi i fenomeni di instabilità, a loro volta responsabili degli estesi movimenti e accumuli di corpi franosi, sia nel recente passato geologico sia attualmente.

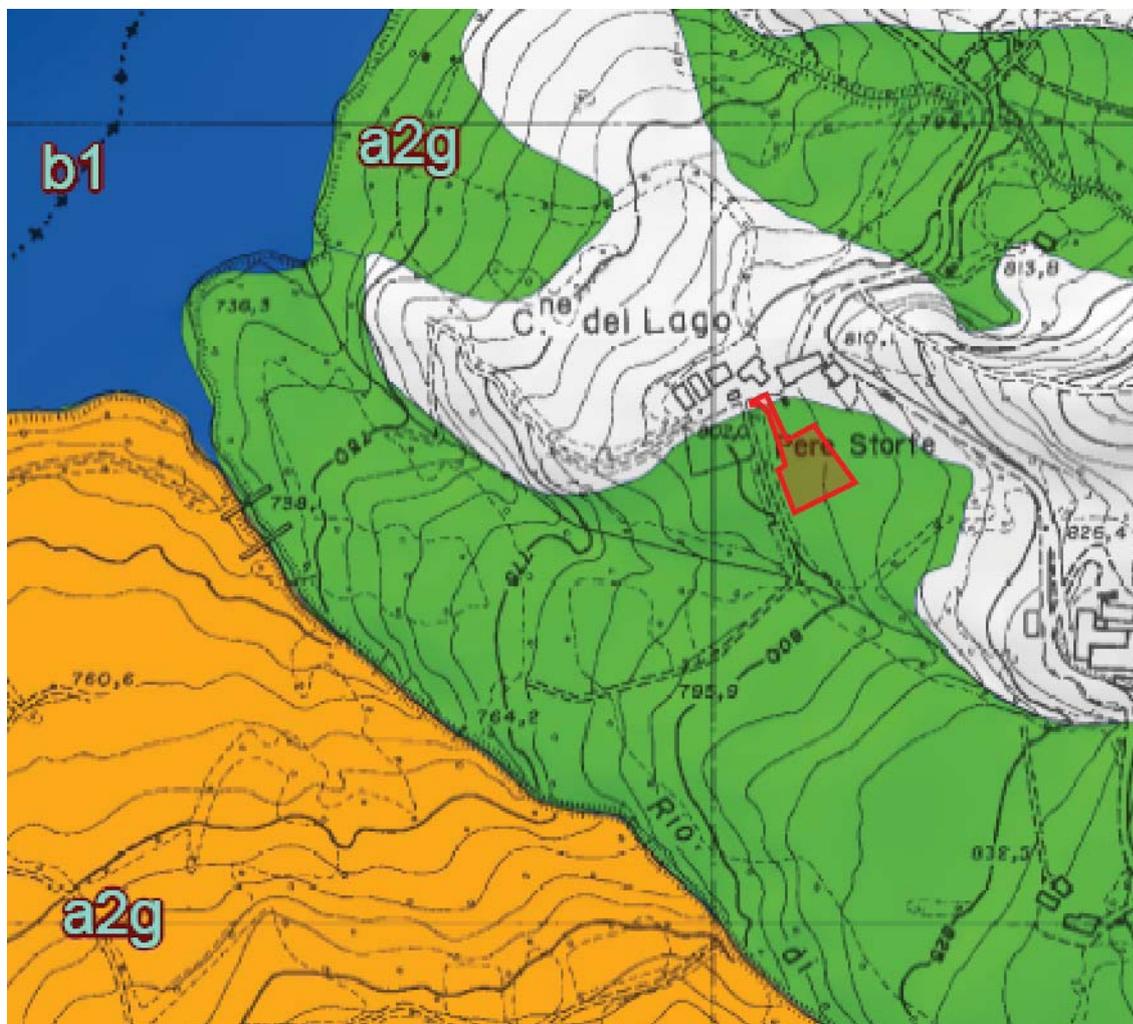
La morfologia caratteristica della zona è pertanto quella tipica dei versanti in frana dell'Appennino settentrionale, ove affiorano formazioni prevalentemente argillose e marnose: i versanti sono interessati da imponenti corpi di frana per lo più quiescenti e da ondulazioni diffuse, da ripiani per lo più sottostanti alle scarpate principali nei coronamenti di frana ed interpretabili, pertanto, come blocchi basculati ribassati, per lo più ricoperti da depositi colluviali e di gravità in genere, sui quali talora si determinano contropendenze e ristagni d'acqua.

Gli agenti morfodinamici che hanno modellato l'area sono principalmente la gravità, le azioni di gelo - disgelo e le acque di scorrimento superficiale e di infiltrazione.

Per quanto riguarda le condizioni di stabilità dell'area d'indagine, la "Carta del dissesto idrogeologico" della R.E.R. (Fig. 4), segnala, in corrispondenza del sito il esame, il limite di un deposito di frana quiescente, che lambisce la frazione di Pere Storte; in particolare si tratta di una propaggine laterale di modeste dimensioni, che si raccorda con direzione NE-SW al corpo franoso principale che scende sino a lambire il lago della Diga di Fontanaluccia.

Come descritto dalla cartografia regionale, si tratta di "Depositi gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività

intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.”



Legenda

PSAI-Aree a rischio elevato-molto elevato

■ area di possibile evoluzione del dissesto

Frane e altri depositi di versante

■ a1g - Deposito di frana attiva complessa

■ a2g - Deposito di frana quiescente complessa

■ a3 - Deposito di versante s.l.

Depositi alluvionali

■ b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Figura 4 – Carta del dissesto idrogeologico (Regione Emilia Romagna)

scala 1:5.000

Con specifico riferimento al corpo di frana in oggetto, nell'Archivio storico dei movimenti franosi" della Regione Emilia Romagna viene segnalato un solo episodio di riattivazione, datato 1674, in località Chiesa Vecchia, sul pendio a valle di Cà Bernardi, così descritto "L'edificio sacro ricostruito in loc. Chiesa Vecchia, dopo la distruzione dell'antico abitato di Fontanaluccia, è interessato da una frana e "minacciava completa rovina". Ampio movimento quiescente esteso sino all'alveo del T. Dolo"; l'area descritte è collocata a sud-est rispetto al sito d'indagine.

La perimetrazione suddetta trova riscontro anche nella cartografia del PAI – elaborato 2 Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto" (Fig. 5); in questo caso la perimetrazione del corpo franoso si presenta del tutto analoga a quella regionale, evidenziandosi solo alcune minime differenze (si veda ad esempio la delimitazione del corpo di frana in località Pere Storte nei pressi della strada comunale, che qui viene incluso all'interno del dissesto mentre nella carta regionale risulta esterno).

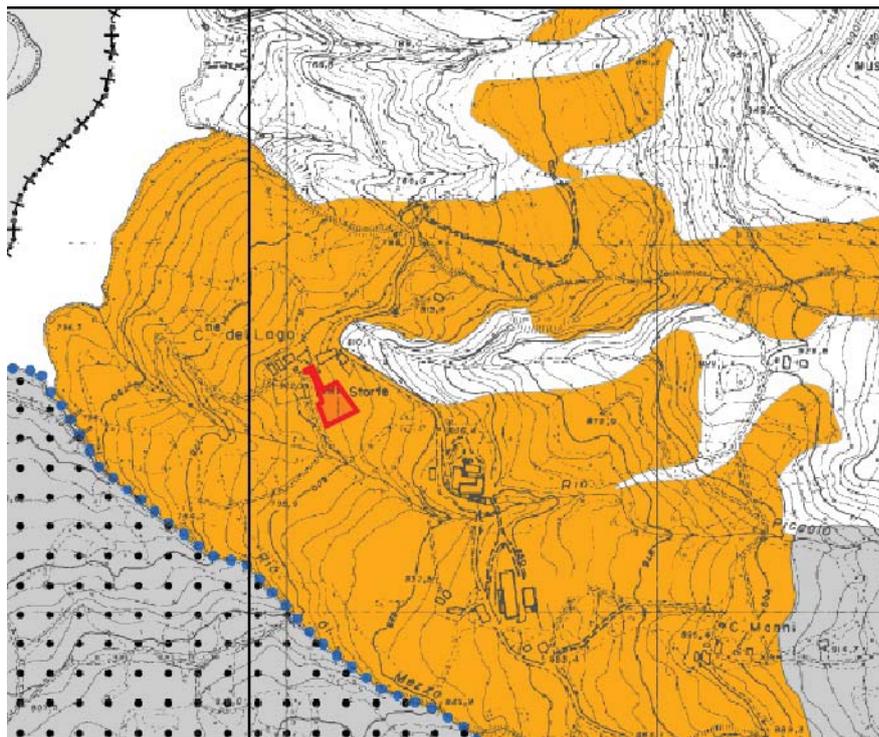
In entrambe le cartografie menzionate l'abitato di Pere Storte risulta esterno al corpo di frana.



Figura 5 – Estratto Elaborato 2 Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto- Foglio 235 – II – Pievepelago – (PAI)

Scala 1:25000

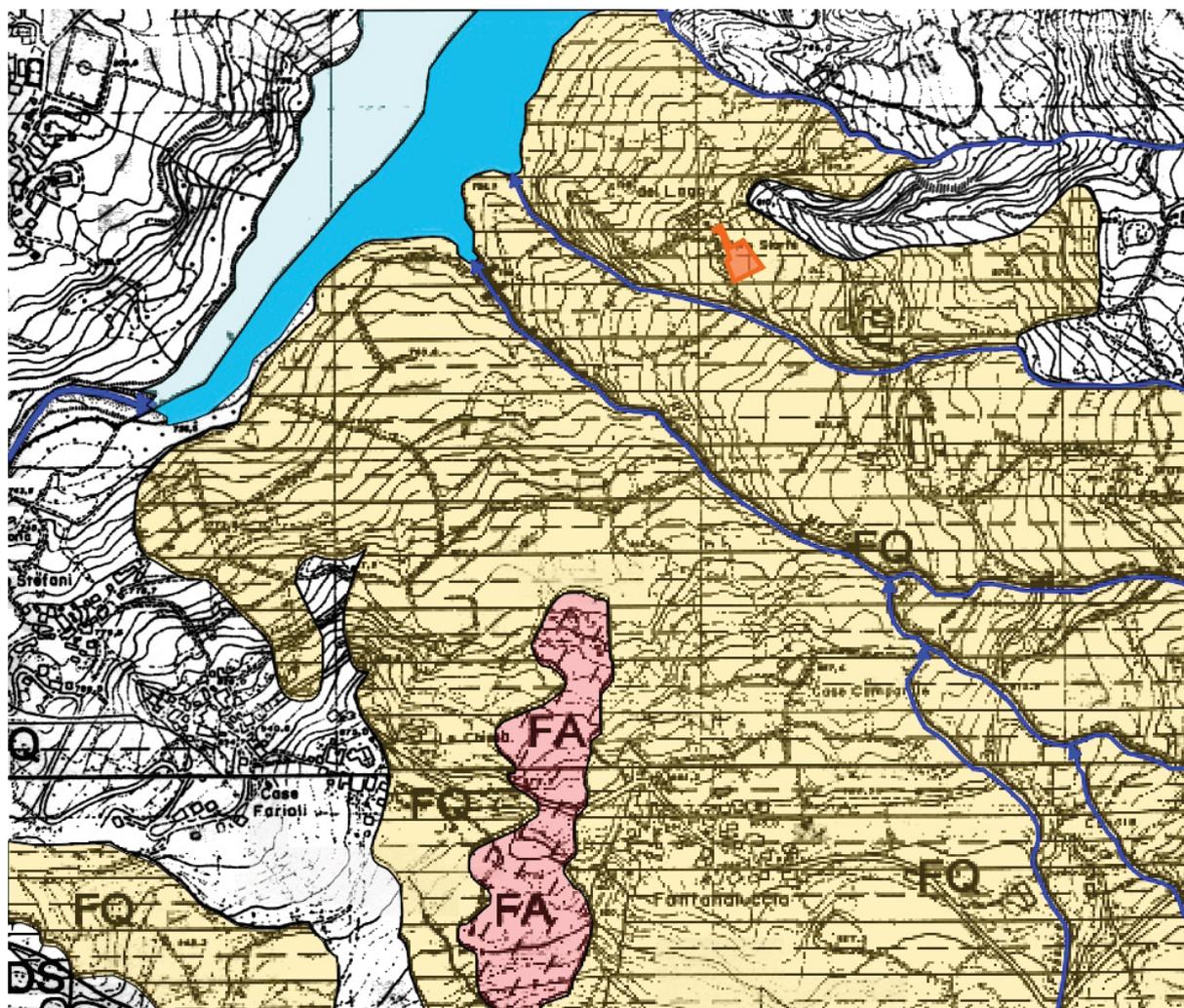
Anche la Tavola n. 2.1.14 denominata "Rischio da frana: Carta del dissesto" del PTCP della Provincia di Modena (Fig. 6), segnala in corrispondenza del sito, la presenza di un corpo di frana quiescente, con andamento tuttavia differente rispetto a quelli riportato nella cartografia regionale e di bacino; il deposito franoso, si presenta in questo caso a maggior estensione e coinvolge anche l'intero abitato di Pere Storte, oltre che la viabilità comunale.



VOCI DI LEGENDA			
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità			
		Aree interessate da frane attive	Art. 15
		Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità			
		Aree potenzialmente instabili	Art. 16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato			
	Codice scheda 2.1.1 NS	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art. 17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art. 18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art. 18B

Analoga perimetrazione viene proposta anche nella "Carta Geomorfologica" del PRG del Comune di Frassinoro (Fig. 7), di cui a seguire si riporta un estratto; l'elaborato originario, disegnato perimetrando i corpi morfologici con linee in bianco e nero è stato completato per renderlo maggiormente leggibile, assegnando una diversa colorazione alle differenti perimetrazioni.

La perimetrazione del corpo franoso proposta dallo strumento comunale, ricalca per il lotto in esame, quella provinciale.



LEGENDA

— Traversa

— Reticolo idrografico

— Diga



Conoidi fluviali



Frane attive



Frane quiescenti



Ubicazione area d'indagine

Figura 7 – Estratto Carta Geomorfologica (PRG Comune di Frassinoro) modificato con colorazione

Scala 1:10.000

Dal sopralluogo effettuato sull'area e nelle zone limitrofe, oltre che dalle conoscenze acquisite in occasione della realizzazione di un'abitazione nel lotto attiguo a quello in esame, compreso tra l'area in esame e la strada comunale Via Diga, si ritiene che la perimetrazione della frana quiescente proposta dalla "Carta del dissesto idrogeologico" della RER sia, limitatamente all'area di Pere Storte, maggiormente rispondente alla situazione realmente esistente sull'area; si ritiene infatti che dalla perimetrazione dovrebbe essere escluso l'abitato di "Pere Storte", collocato sulla parte terminale della dorsale costituita da roccia affiorante e riconoscibile quale elemento di separazione tra il corpo di frana quiescente posto a nord e quello posto a sud, così come anche la strada comunale e l'area immediatamente a valle della stessa, dove le indagini geognostiche eseguite in passato e gli scavi effettuati per la

realizzazione dell'edificio, hanno evidenziato la presenza di bassi spessori di terreno detritico di copertura e la presenza del substrato già a basse profondità.

Il movimento descritto è in ogni caso un movimento franoso del quale non si hanno evidenze ormai da parecchi decenni, come tra l'altro testimoniato dagli abitanti del luogo, dagli edifici centenari presenti nella borgata e come risulta evidente dall'osservazione del tratto stradale rettilineo prospiciente la borgata, il cui fondo risulta essere completamente integro.

Differente risulta invece la situazione più a sud e sud-est, lungo il corso del Rio Piccolo, dove sono tutt'oggi evidenti segni di movimenti superficiali localizzati, sia nelle forme del versante (forme mammellonate, inclinazione di pali elettrici), che nelle caratteristiche del fondo stradale, interessato da sconnessioni e rotture.

In occasione del presente studio, si è comunque condotta una specifica indagine geognostica, al fine di poter disporre anche di dati geomeccanici, oltre che stratigrafici, che potessero confortare sulla fattibilità geotecnica dell'area in esame; per i dati sulle indagini geognostiche e sulle considerazioni di tipo geotecnico, si rimanda al successivo Cap. 3.

Va infine segnalato che, sebbene l'abitato di Fontanaluccia sia, per buona parte, classificato come "Area a rischio idrogeologico molto elevato", perimetrato come "Abitato dichiarato da consolidare ai sensi del R.D. 1319/1931" di cui all'Atlante delle aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato (PTCP della Provincia di Modena elaborato 2.1.1.), l'area in esame non è interessata dalle perimetrazioni di rischio idrogeologico.

1.2 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

La rete idrografica dell'area in esame è caratterizzata dalla presenza del Torrente Dolo, che delimita il confine nord-occidentale dell'abitato di Fontanaluccia, oltre a definire il confine tra le province di Modena e Reggio Emilia; il torrente, nasce sulle pendici del Monte Cusna, alla quota di circa 1.868 m s.l.m., oltre l'abitato di Civago in comune di Villaminozzo. Si tratta di un corso d'acqua con carattere torrentizio, contraddistinto da un regime nivo-pluviale e portate medio-basse, stimate in circa 3 m³/sec.

Nel corso d'acqua confluiscono le acque di numerosi fossi e rivi che scendono lungo i versanti prospicienti la sua valle.

Poco a sud dell'area in studio, le acque del torrente confluiscono nella diga di Fontanaluccia, un invaso idrico con un volume di circa 63.000 m³, con funzione di alimentazione della centrale idroelettrica di Farneta.



Foto 1 – La diga di Fontanaluccia vista da nord verso sud

Il reticolo idrografico che caratterizza quest'area è di tipo semplificato, sia per quanto riguarda l'impluvio principale, che per quelli secondari, generalmente poco ramificati, in ragione dell'assetto strutturale riconoscibile per la zona.

Il reticolo idrografico, o meglio il sistema delle acque incanalate, rappresenta, in questa zona appenninica, l'agente morfogenetico attivo principale, responsabile dei numerosi fenomeni gravitativi che hanno interessato ed interessano tuttora vaste zone del territorio comunale di Frassinoro.

Per quanto riguarda il lotto d'indagine, le acque di scorrimento superficiale, recapitano nel Rio Piccolo, che scorre, con andamento ortogonale a quello del T. Dolo, poco a sud delle Pere Storte.

L'allontanamento delle acque meteoriche, avviene, oltre che direttamente per scorrimento superficiale, anche per infiltrazione e circolazione sotterranea, sia all'interno dei sedimenti detritici superficiali che all'interno del substrato, contraddistinto da un discreto grado di permeabilità per fratturazione.

Durante l'esecuzione del sondaggio penetrometrico, non è stata rinvenuta la presenza di acqua all'interno del foro di sondaggio della prova, stante anche il periodo particolarmente siccitoso; in occasione di indagini eseguite in passato nel lotto attiguo, all'interno del foro di sondaggio più prossimo alla strada, si era, invece, evidenziata la presenza di acqua alla profondità di circa 3.0 m dal p.d.c.

2. VINCOLI NORMATIVI IN RELAZIONE AGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATI

Vengono di seguito analizzati gli strumenti di pianificazione e programmazione territoriale sovraordinati riguardanti l'ambito interessato dallo studio, al fine di valutare l'eventuale sussistenza di vincoli che rendano incompatibile la destinazione d'uso proposta per l'area con quanto disposto dalla pianificazione sovraordinata.

I principali strumenti di pianificazione generale territoriale analizzati sono:

- Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.
- Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Modena, approvato con deliberazione del Consiglio Provinciale n. 46 del 18 marzo 2009.

2.1 PSFF e PAI - Piano Stralcio Fasce Fluviali e Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 26 del 11/12/97 ed approvato con D.P.C.M. del 24/07/98, il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Progetto PAI), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 1 del 11/05/99 ed approvato con D.P.C.M. del 24/05/01 ed il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del Fiume Po con Del. N° 18 del 26/04/01, hanno valore rispettivamente di piano territoriale di settore e strumenti attuativi e rappresentano gli strumenti conoscitivi, normativi, tecnico-operativi, mediante i quali sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico ed idrogeologico del bacino idrografico, le fasce fluviali, le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

L'ambito territoriale di riferimento è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti.

Essi costituiscono quindi gli strumenti per la delimitazione della regione fluviale, funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (a fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

Il fiume Secchia, in quanto affluente in destra del fiume Po, rientra nel quadro dei corsi d'acqua oggetto di delimitazione delle fasce fluviali.

Il PSFF ha delimitato le fasce relative ai corsi d'acqua del sottobacino del fiume Po chiuso alla confluenza del fiume Tanaro, dell'asta del Po, sino al Delta e degli affluenti emiliani e lombardi limitatamente ai tratti arginati.

Il "Piano stralcio per la difesa idrogeologica e della rete idrica del bacino del Po" (PAI), redatto, adottato ed approvato ai sensi dell'art. 17 della L. 18 maggio 1989 n. 183, si pone invece come piano stralcio di settore; in particolare, il PAI, attraverso le sue disposizioni, persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico ed idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici ed ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi.

A seguito della sottoscrizione dell'intesa tra la Provincia di Modena e l'Autorità di bacino del fiume Po e la Regione Emilia Romagna ai sensi dell'art. 21 comma 2 della L.R. 20/2000, di cui all'art. 6 del PTCP, avvenuta in data 14 ottobre 2010, il PTCP della provincia di Modena ha assunto valori ed effetti del PAI. Ai sensi del comma 10 dell'art. 4 del PTCP "le disposizioni relative al sistema delle acque superficiali, nella sua articolazione in zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 9) ed invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 10) rappresentati nella carta 1.1 si applicano in luogo delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI)".

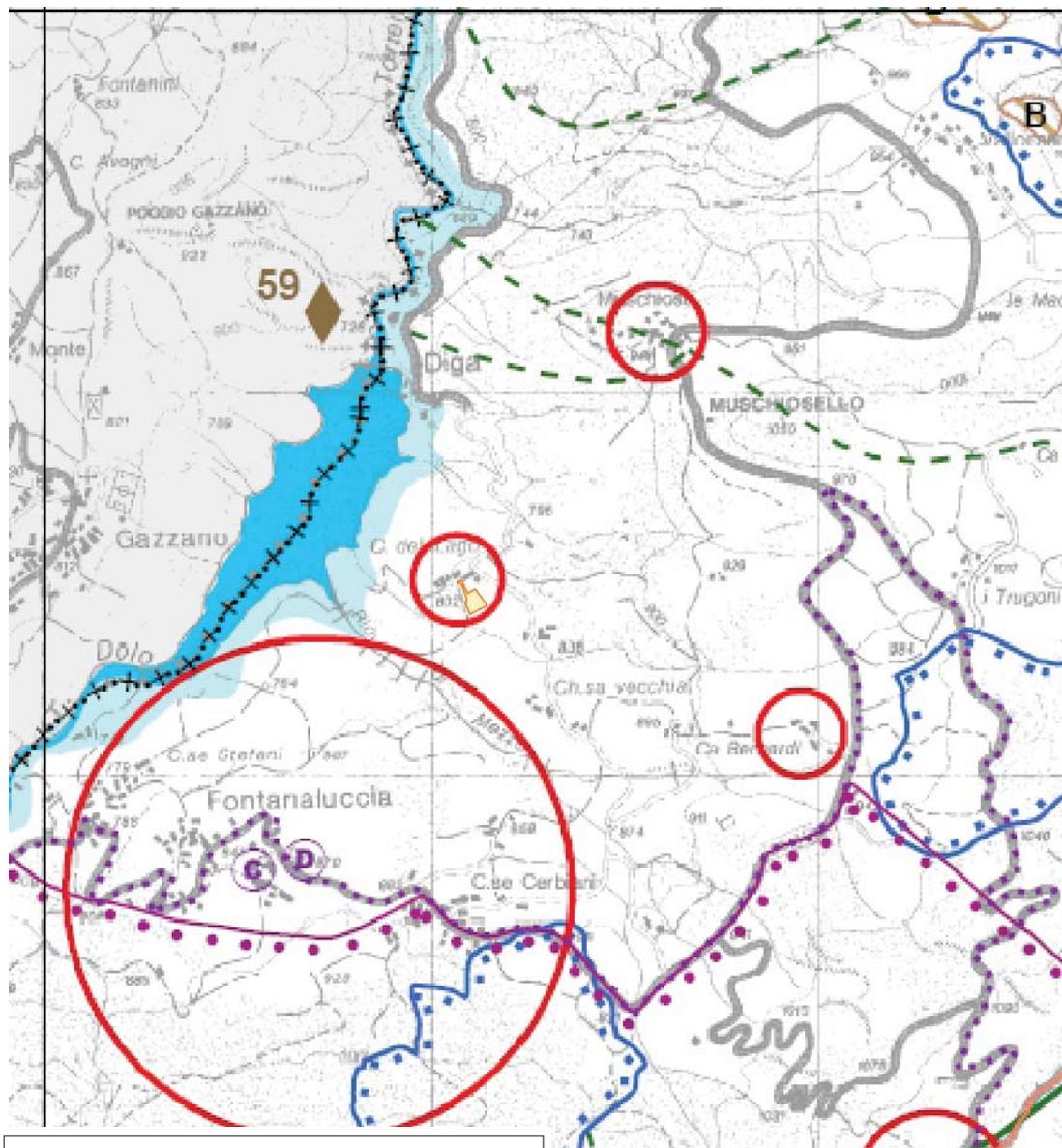
L'area oggetto di valutazione non risulta interessata da alcuna delimitazione delle fasce fluviali.
Con riferimento all'elaborato 2 "Atlante dei Rischi idraulici ed idrogeologici - Inventario dei centri abitati collinari/montani esposti a pericolo" - allegato 4 "Delimitazione delle aree in dissesto", si evidenzia che ai sensi del comma 1 dell'art. 15 delle NTA del PTCP della Provincia di Modena, le perimetrazioni contenute nelle tavole contrassegnate dal numero 2.1 Rischio da frana: carta del dissesto del medesimo piani, dal momento della loro entrata in vigore, sostituiscono "..... , ai sensi dell'art. 6 del presente Piano, l'elaborato "2. Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto" del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, le
". Si rimanda pertanto alla relativa descrizione, di seguito riportata.

Come già in precedenza evidenziato, si rileva una certa difformità interpretativa nella perimetrazione del corpo di frana quiescente, proposta dalle due cartografie (cfr Fig. 5 e 6).

2.2 P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

Con riferimento alla Tav. 1.1 del P.T.C.P. "Tutela delle risorse paesistiche e storico-culturali", nell'area in esame non si segnala alcun elemento o sistema di tutela ambientale; il lotto si sviluppa all'interno dell'insediamento storico di Pere Storte, mentre poco a valle, in corrispondenza del T. Dolo e del Lago di Fontanaluccia, si segnala la presenza di una "Zona di tutela naturalistica" e di una "Zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale", da cui il lotto resta comunque escluso.

Non si rilevano pertanto elementi d'incompatibilità tra la destinazione proposta per il lotto e gli elementi perimetrati dalla Tav. 1.1 del P.T.C.P. di Modena.



Rete idrografica e risorse idriche superficiali e sotterranee	
	Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 10)
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi bacini e corsi d'acqua (Art. 9)	
	Fasce di espansione inondabili (Art. 9, comma 2, lettera a)
	Zone di tutela ordinaria (Art. 9, comma 2, lettera b)
	Compresenza di fasce di espansione inondabili e zone di tutela naturalistica
Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art. 12)	
	Crinale
	Collina
	Insedimenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 42)

Figura 8 – Estratto PTCP - Tavola 1.1 “Tutela delle risorse paesistiche e storico culturali”

Scala 1: 25.000

Con riferimento alla Tav. 1.2 del P.T.C.P. “Tutela delle risorse naturali, forestali e della biodiversità del territorio” riportata nella figura seguente, nell'area non sussistono elementi di vincolo o di tutela; nella zona immediatamente attigua al lotto, si segnala invece una tutela

forestale, di cui all'art. 21 del PTCP, che non coinvolge tuttavia l'area interessata dalla presente richiesta di trasformazione.

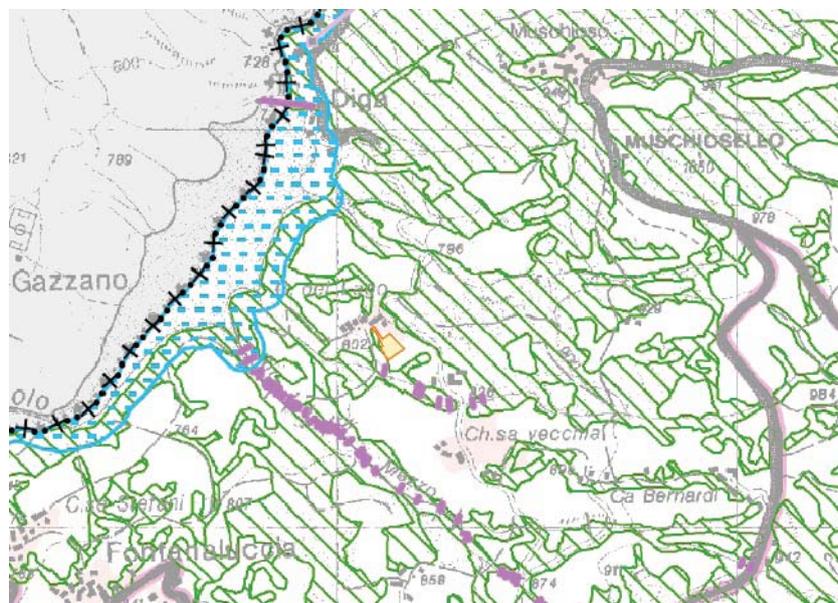


Figura 9 – Estratto PTCP -
Tavola 1.2 "Tutela delle
risorse paesistiche e storico
culturali"

Scala 1: 25.000

Sistema forestale boschivo	
	Aree forestali (Art.21)

Non si rilevano pertanto elementi d'incompatibilità tra la destinazione proposta per il lotto e gli elementi perimetrati dalla Tav. 1.2 del P.T.C.P. di Modena.

Con riferimento alla Tav. 2.1 del P.T.C.P. "Rischio da frana: Carta del dissesto", come già illustrato nel precedente paragrafo 1.1, l'area in esame è ubicata all'interno di un ampio corpo di frana quiescente, che ha la sua origine nella zona di Madonna di Pietravolta e si sviluppa verso il fondo valle fino a lambire la diga di Fontanaluccia; l'intero abitato di Pere Storte, oltre che la viabilità comunale, risultano compresi entro tale perimetrazione.

Ribadendo anche in questo caso le considerazioni già effettuate al Paragrafo 1.1, si segnala comunque che il P.T.C.P., all'Art. 15 stabilisce che entro le aree interessate da frane quiescenti "non sono ammesse nuove edificazioni. I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità condotta sulla base delle metodologie definite con apposita direttiva approvata dalla Provincia in coerenza con i criteri indicati all'art. 18 delle Norme di Attuazione del PAI dell'Autorità di Bacino del fiume Po:

.....

b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisficibili;

b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

Si rimanda alla precedente Fig. 6 per la consultazione della Tavola 2.1 " Rischio da frana: Carta del dissesto ".

Con specifico riferimento all'elaborato 2.1.1 "Atlante delle Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato" (Fig. 10), si segnala che l'abitato di Fontanaluccia è ricompreso all'interno della perimetrazione della scheda I I e perimetrato come "Abitato dichiarato da consolidare ai sensi del R.D. 1319/1931"; l'area specifica d'interesse rientra all'interno della zona C, mentre la zona B ha il proprio confine settentrionale in corrispondenza del Rio di Mezzo. La normativa d'uso del suolo relativa alle zone C contenuta nella scheda I I, stabilisce che:

"art.4) ZONA C

Sono qui ammessi tutti gli interventi previsti per le ZONE "A" e "B" anche con l'aggiunta del "ripristino tipologico" e del "ripristino edilizio", e gli interventi di nuova costruzione in lotti interclusi all'interno del perimetro del territorio urbanizzato definito dall'art 13 della L.R. 47/1978 e in lotti di completamento di ridotte dimensioni e modesto indice di fabbricabilità, individuati dallo strumento urbanistico. Nelle zone agricole possono essere previsti nuovi edifici di servizio."

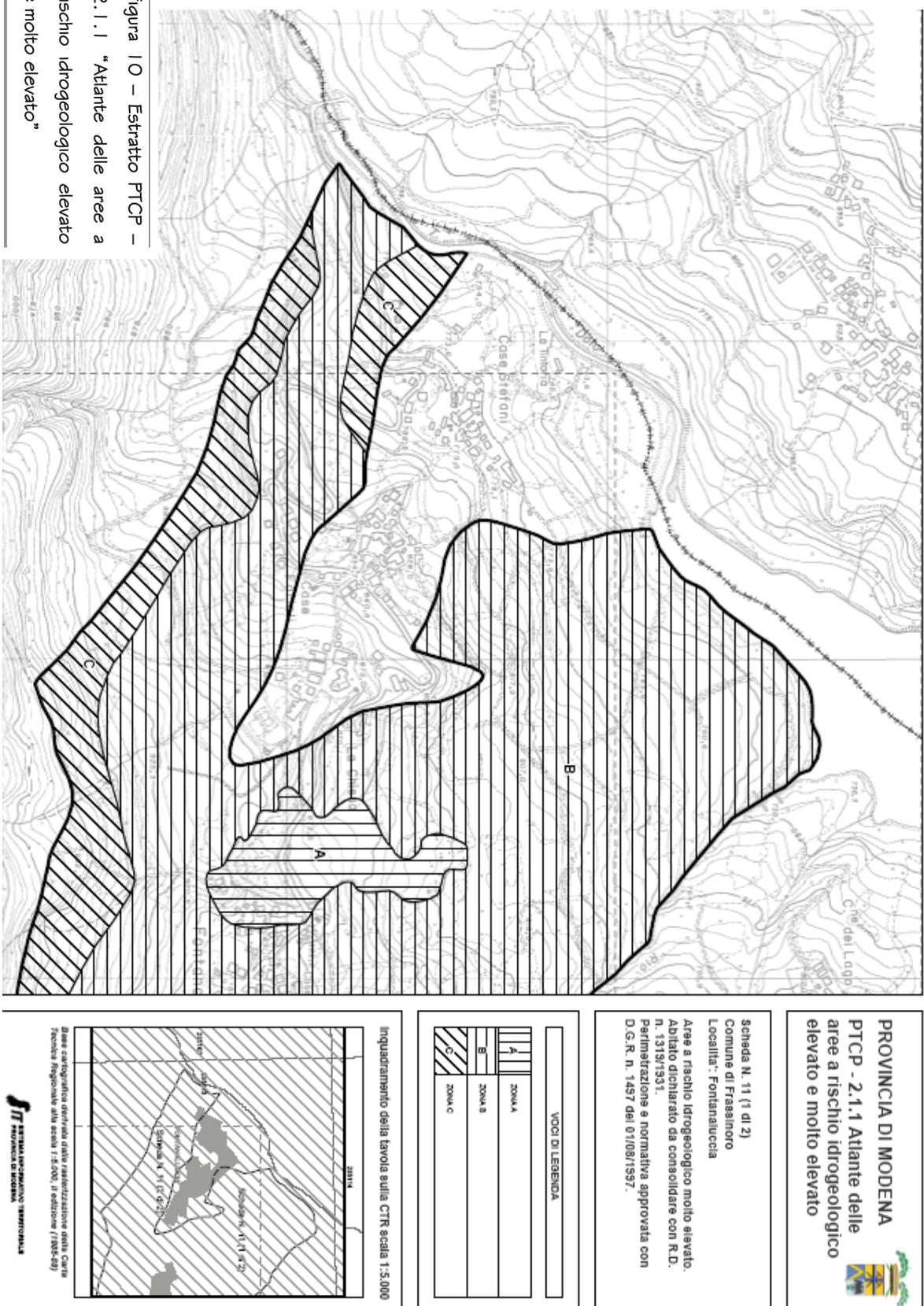


Figura 10 – Estratto PTCP – 2.1.1 “Atlante delle aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato”

Per quanto riguarda i contenuti della Tavola 2.2 del "Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali", il lotto d'indagine ricade all'interno della perimetrazione di "Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche".

Secondo la cartografia riportata nella figura seguente, le condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono quindi tali da rendere possibile il rischio di amplificazione del moto sismico.

Nella cartografia suddetta vengono indicati oltre agli effetti attesi in caso di sisma, anche gli studi ed approfondimenti specifici che devono essere effettuate dagli strumenti di pianificazione a scala comunale sulle singole aree; in particolare per l'area in esame è prescritto che venga effettuata la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche. Per la microzonazione sismica sono previsti approfondimenti di III livello.

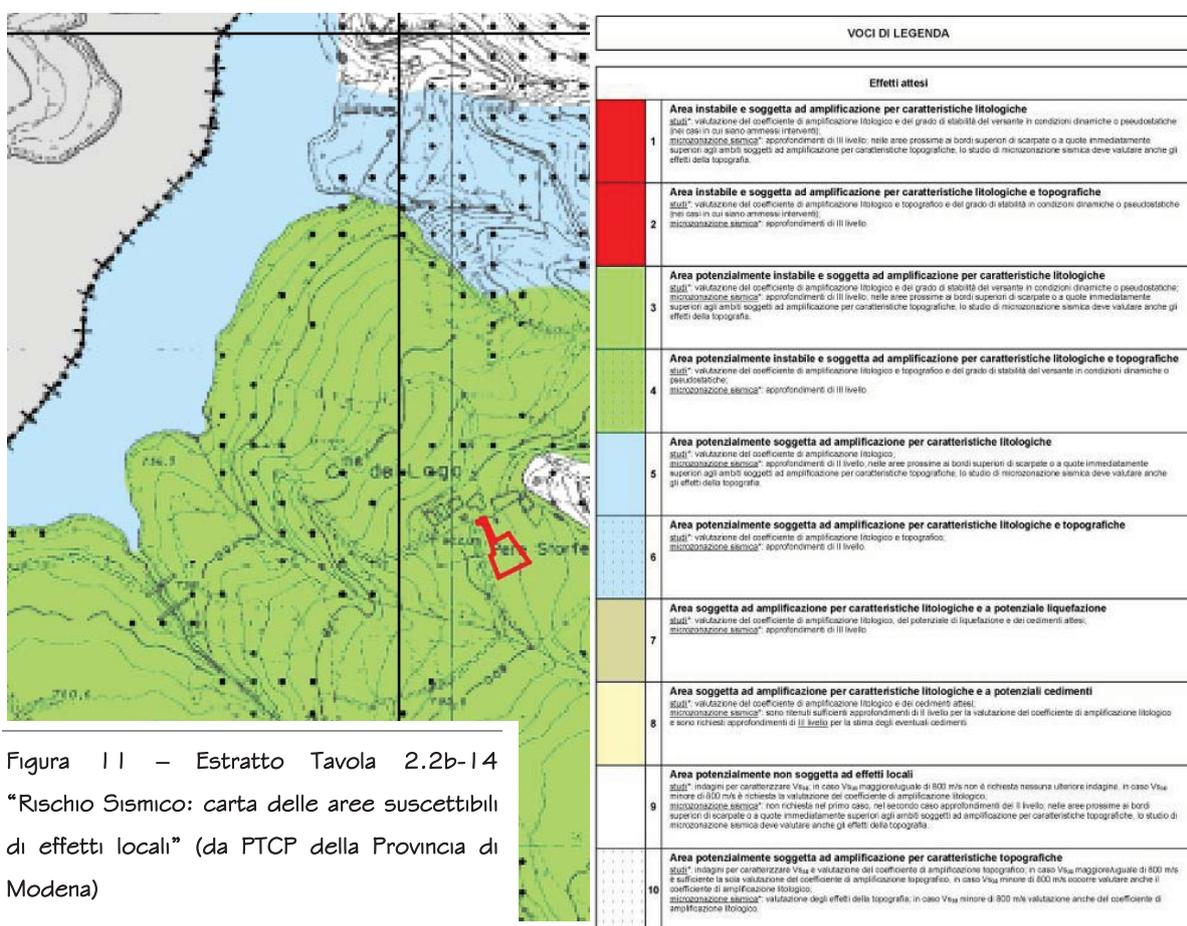


Figura 11 – Estratto Tavola 2.2b-14 "Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali" (da PTCP della Provincia di Modena)

Scala 1:10.000

Con riferimento infine alla Carte di vulnerabilità ambientale ed in particolare alla Tavola 3.2 "Rischio d'inquinamento acque: Zone di protezione delle acque superficiali e sotterranee

destinate al consumo umano" (non riportata), nell'area non sono segnalate "sorgenti captate per uso idropotabile SP" o "sorgenti d'interesse AS" e l'area risulta inoltre esterna alla delimitazione di "Aree di possibile alimentazione delle sorgenti", che si sviluppano invece sia ad est che a sud della S.P. 35.

COMPATIBILITA' RISPETTO AGLI STRUMENTI SOVRAORDINATI

Considerata l'esigua estensione dell'area in oggetto, per la quale viene richiesto l'inserimento in "Zona di completamento - B1", la tipologia d'intervento che la proprietà ha manifestato di prediligere (fabbricato monofamiliare in legno con sviluppo massimo su due piani) e la continuità con il nucleo storico insediativo di Pere Storte, si ritiene che l'intervento proposto possa ritenersi compatibile con quanto definito dagli strumenti di pianificazione sovraordinati. Non si segnalano infatti elementi ostativi alla trasformazione, se non quelli derivanti dalla Tavola 2.1 "Rischio da frana: Carta del dissesto" del PTCP; in particolare tale cartografia, perimetra, in corrispondenza del lotto in esame, oltre che dell'intero abitato di Pere Storte, un corpo di frana quiescente; ribadendo quanto già espresso in merito all'attività del medesimo deposito quiescente, del quale non si hanno evidenze ormai da parecchi decenni, si evidenzia comunque che ai sensi dell'art. 15 delle NTA del Piano Provinciale, all'interno di tali aree, *"I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:*

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisfacenti;

b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

3.1 INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine valutare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del terreno oggetto di valutazione, in data 02/08/2012 si è provveduto ad eseguire un'indagine geognostica sull'area in oggetto.

La campagna è stata sviluppata mediante l'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica dinamica super-pesante DPSH, posizionata nella zona centro-orientale del lotto, ed eseguita con attrezzatura avente massa battente pari a 73.0 Kg, altezza di caduta di 75 cm ed area alla punta di 20 cm²; in Allegato 1 si riporta il grafico e relativa tabella della prova.

Nel diagramma penetrometrico, viene riportata la curva ottenuta correlando la profondità con il numero di colpi necessari all'avanzamento dello strumento penetrometrico.

Nell'elaborato di calcolo, allegato con il diagramma penetrometrico, vengono invece riportati:

- il numero di colpi necessari all'avanzamento, misurati ogni 30 cm di profondità;
- il corrispondente valore di Resistenza Dinamica (R_d) e di R_p statico, ottenuto con tabelle di conversione dalla resistenza alla punta in termini dinamici R_d ;
- la Coesione non drenata C_u , data dal rapporto $C_u = R_p/\beta$ con
 - $\beta = 20$ per $R_p < 10 \text{ Kg/cm}^2$
 - $\beta = [(R_p - 10)/2] + 20$ per $10 \text{ Kg/cm}^2 < R_p < 30 \text{ Kg/cm}^2$
 - $\beta = 30$ per $R_p > 30 \text{ Kg/cm}^2$
- il modulo edometrico $M_o = R_p \times \alpha$, con α variabile da 2 a 6, a secondo del valore di R_p .

L'indagine eseguita ha raggiunto la profondità massima di 9.9 m dal p.d.c., fermandosi a rifiuto.

Sono inoltre stati presi in considerazione i dati relativi ad un'indagine geognostica condotta nel luglio 2002 nel lotto attiguo, in occasione della Variante Generale al PRG 2000 ed allegate alla "Relazione geologica e geotecnica relativa ad una zona di completamento - B1 posta a Fontanaluccia in località Pere Storte" a cura del Dott. Geol. Franchi Valeriano.

L'ubicazione delle prove è riportata nella figura seguente.

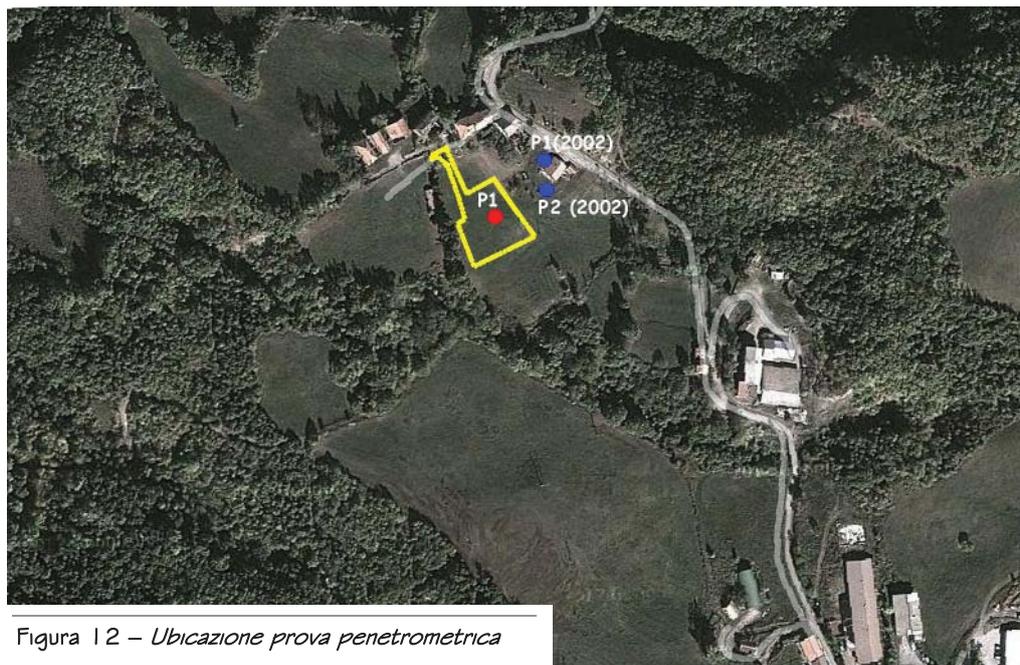


Figura 12 – Ubicazione prova penetrometrica

Sulla base dei dati relativi al sondaggio penetrometrico eseguito e ai sondaggi a disposizione, si può individuare la presenza di uno strato detritico di copertura, avente verosimilmente spessore crescente dalla zona a nord, prospiciente la strada, verso sud, in corrispondenza dell'area d'interesse, con valori mini di circa 2.5-3.0 m, nella zona marginale più prossima alla strada (sondaggio P1 - 2002), caratterizzata da maggiori pendenze e valori progressivamente crescenti, fino a circa 9.50 - 10.0 m, in corrispondenza del lotto in oggetto; tali depositi sono quindi seguiti da materiale più competente, costituito dal substrato marnoso.

Con riferimento alle due indagini eseguite nel lotto attiguo nel luglio 2002, si segnala che in corrispondenza del sondaggio P1, posto nella zona più prossima alla strada, la prova si era arrestata a 3.6 m dal p.d.c. per rifiuto, mentre la prova P2 era stata interrotta a 6.8 m dal p.d.c., perché l'attrito laterale aveva assunto valori troppo elevati per poter ritenere valide le misurazioni.

Da un punto di vista geotecnico, l'indagine eseguita ha evidenziato la presenza di un primo strato, sino a circa 1.8 m di profondità, con valori di R_p scadenti (R_p medio pari a 10 Kg/cm^2 e C_u pari a 0.5 Kg/cm^2), un secondo intervallo, compreso tra 1.80 m e 4.20, in cui si ha un miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica, con R_p che si mantiene mediamente intorno ai 15.5 Kg/cm^2 , tranne che intorno a 3.0 m dove scende a 11.8 Kg/cm^2 e valori medi di $C_u > 0.8 \text{ Kg/cm}^2$ ed un terzo intervallo, compreso tra 4.2 m e 9.0 m di profondità, in cui i valori di R_p sono complessivamente buoni, mantenendosi sempre sopra ai 20.0 Kg/cm^2 tranne che alla profondità di 5.2 m dove si registra un valore di 16.6 (R_p medio 23 Kg/cm^2 e coesione non drenata $C_u > 1.1 \text{ Kg/cm}^2$). Oltre i 9.0 m di profondità i valori di resistenza meccanica sono oltre i 30 Kg/cm^2 .

Un eventuale intervento edificatorio che superasse i primi 1.8 m di profondità, potrebbe quindi usufruire di un Kt intorno a 1.5 Kg/cm².

Nella tabella seguente si riportano schematicamente alcune informazioni relative alla prova eseguita, indicando:

- la profondità cui la stessa si è arrestata
- la profondità cui si registra il valore minimo di Rd
- il valore minimo di Rd
- il valore minimo di Rp

NUMERO PROVA	PROFONDITÀ FINE PROVA (m)	PROFONDITÀ Rd MINIMO (m)	Rd MINIMO (Kg/cm ²)	RP MINIMO (Kg/cm ²)	CU MINIMO (Kg/cm ²)
I	9.90	1.50 - 1.80	20.82	8.33	0.42

Si è scelto di riportare i valori minimi di Rd e Rp statico, allo scopo di evidenziare le condizioni più critiche presenti nelle aree d'indagine, ponendosi quindi nelle condizioni di maggiore cautela, per quanto riguarda le successive considerazioni di tipo geotecnico.

Durante l'esecuzione del sondaggio penetrometrico, non è stata rinvenuta la presenza di acqua all'interno del foro di sondaggio della prova, stante anche il periodo particolarmente siccitoso.

In occasione delle indagini eseguite in passato nel lotto attiguo, all'interno del foro di sondaggio più prossimo alla strada, si era evidenziata la presenza di acqua alla profondità di circa 3.0 m dal p.d.c, al passaggio tra terreni di copertura e substrato. In generale i terreni presenti risultano dotati di un discreto grado di permeabilità, che consente un discreto drenaggio delle acque d'infiltrazione superficiale; ristagni d'acqua possono crearsi al passaggio dai terreni superficiali di copertura, dotati di una buona permeabilità, al substrato sottostante, che seppur caratterizzato da una propria permeabilità, legata all'intensa fratturazione che lo caratterizza, presenta tuttavia permeabilità inferiore a quella dei terreni sovrastanti.

I dati forniti dalla campagna geognostica eseguita, unitamente ai dati consultati relativi alle prove eseguite nel lotto attiguo, permettono di fare le seguenti considerazioni:

- lo spessore del materiale di copertura risulta progressivamente crescente dalla zona prossima alla strada Via Diga fino all'area occupata dal lotto in esame, dove si sono riconosciuti spessori del terreno di copertura pari a circa 9.0 - 10 m;
- da un punto di vista stratigrafico, al di sotto della coltre detritica superficiale, si rileva la presenza dei terreni del substrato costituiti, da marne e calcari, nella parte di monte - dove ci si trova probabilmente in presenza di un orizzonte a componente presumibilmente più calcarea, - da marne meno coerenti, nella zona più a valle del lotto, dove maggiore risulta la componente argillosa; tale dato trova per altro conferma anche nella morfologia dell'area, dove si riconosce una zona di monte, a ridosso della strada, con pendenze

maggiori, ed una zona più a valle, dove le pendenze sono invece meno acclivi fino ad essere debolmente pendenti.

- le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati, risultano complessivamente discrete, con valori di resistenza meccanica che se nell'area prossima alla strada possono ritenersi buoni già a bassa profondità dal p.d.c. (2.5 m), in corrispondenza del lotto d'indagine, risultano discreti sino a circa 4.2 m, buoni oltre tale profondità.
- già intorno a 1.8 m di profondità si hanno valori di capacità portante del terreno di fondazione (Kt) buoni, con valori superiori a 1.5 Kg/cm².

3.2 VERIFICA DI STABILITA' DELL'AREA

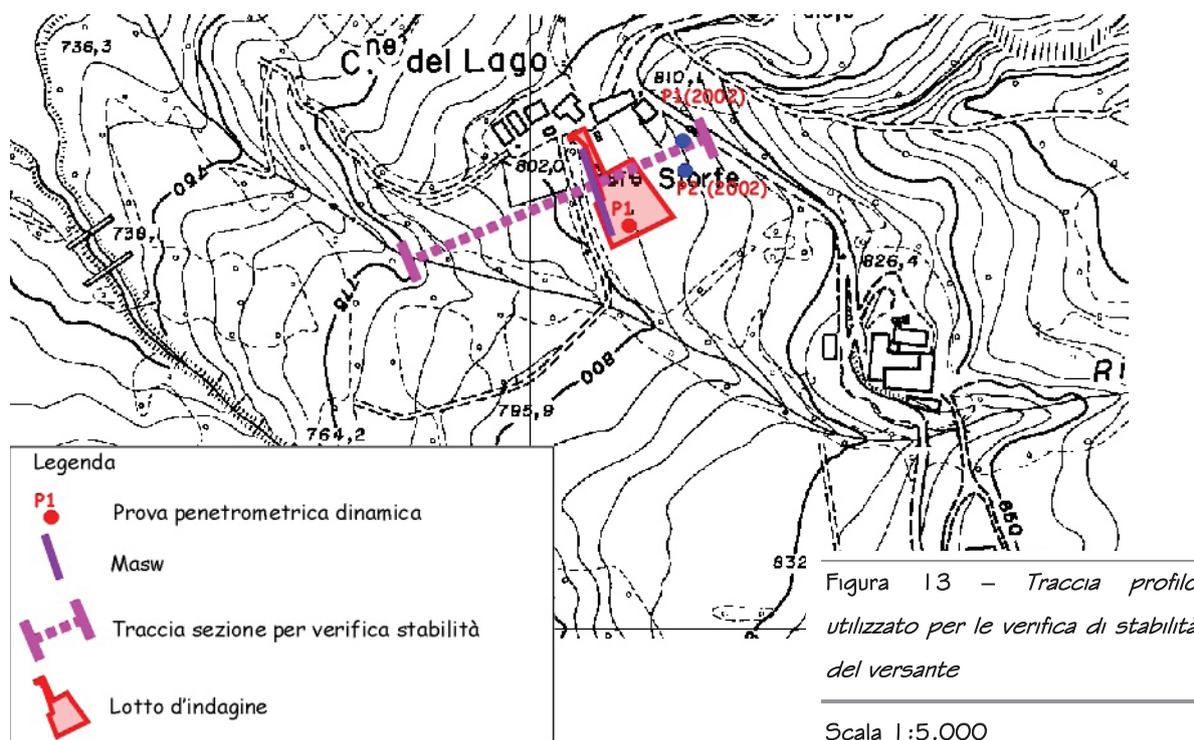
La valutazione delle condizioni di stabilità dell'area in esame è stata effettuata attraverso l'analisi bibliografica e direttamente, attraverso un rilievo sul campo delle condizioni esistenti nel sito specifico d'intervento ed in un suo congruo intorno.

Come già esplicitato nei capitoli 1.1 relativo alla Geomorfologia della zona, il lotto in esame si colloca in un'area caratterizzata da una frana quiescente; dal sopralluogo effettuato sull'area e nelle zone limitrofe, oltre che dalle conoscenze acquisite in occasione della realizzazione di un'abitazione nel lotto attiguo a quello in esame, compreso tra l'area in esame e la strada comunale Via Diga, si ritiene che dalla perimetrazione del corpo franoso dovrebbe essere escluso l'abitato di "Pere Storte", collocato sulla parte terminale della dorsale costituita da roccia affiorante e riconoscibile quale elemento di separazione tra il corpo di frana quiescente posto a nord e quello posto a sud, così come anche la strada comunale e l'area immediatamente a valle della stessa, dove le indagini geognostiche eseguite in passato e gli scavi effettuati per la realizzazione dell'edificio, hanno evidenziato la presenza di bassi spessori di terreno detritico di copertura e del substrato già a basse profondità.

Come previsto dalla Del. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 per l'area in esame è stato eseguito un approfondimento di III° Livello, finalizzato a verificare la stabilità del pendio sul quale si colloca l'area in studio.

Considerata la morfologia dell'area, per l'esecuzione delle verifiche di stabilità è stato preso in esame il profilo del versante, nel tratto interessato dall'intervento, lungo la direzione di massima pendenza che segue l'andamento della frana quiescente cartografata nella Carta del Dissesto del PTCP 2009.

In figura 13 è riportata la traccia del profilo sul quale è stata eseguita la verifica.



Per la caratterizzazione dei terreni che costituiscono il versante, in particolare per la determinazione della profondità del substrato, la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni costituenti i vari strati, si è fatto riferimento a dati bibliografici ed ai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area e nel lotto attiguo. La stratigrafia del versante è stata sintetizzata nel seguente modello:

Stratigrafia

c: coesione; F_i : Angolo di attrito; G: Peso Specifico; G_s : Peso Specifico Saturo

Strato	c (kg/cm ²)	F_i (°)	G (Kg/m ³)	G_s (Kg/m ³)	Litologia	
1	0,1	22	1800	1900	Detrito di versante	
2	0,2	25	2300	2300	Substrato	

Nell'esecuzione delle verifiche di stabilità è stata definita la superficie di scivolamento critica in corrispondenza del contatto tra il detrito di versante ed il substrato, il cui andamento è stato desunto sulla base di dati bibliografici, dall'osservazione della Carta Geologica e sulla base dei risultati dell'indagine geofisica e geognostica.

In via cautelativa, le verifiche di stabilità sono state condotte in condizioni di massima criticità, non sempre rispondenti con la situazione reale, al fine tuttavia di caratterizzare l'area nelle peggiori condizioni ipotizzabili. In particolare:

- si è deciso di utilizzare valori dei parametri geotecnici dei terreni che costituiscono i diversi strati, inferiori rispetto a quelli ottenuti con le indagini geognostiche, ponendosi pertanto nelle condizioni di massima criticità;
- l'analisi di stabilità è stata eseguita nelle condizioni più critiche di terreno saturo e falda posta in prossimità del piano campagna, nonostante non sia stata rilevata la presenza di acqua durante l'esecuzione delle indagini eseguite;
- è stato inoltre ipotizzato un sovraccarico sul versante corrispondente ad un presunto intervento edificatorio che trasmette al terreno un peso di 1.5 Kg/cm^2 , sebbene nelle intenzioni della proprietà vi sia l'ipotesi di realizzazione di un edificio unifamiliare ad uno o due piani con struttura in legno, dotata al massimo di un piano in c.a., che trasmetterebbe pertanto al terreno un carico notevolmente inferiore.

Le verifiche sono state eseguite in condizioni sismiche, impiegando il software "Slope" della Geostru, ed utilizzando il Metodo di Morgenstern - Price.

Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

Lat./Long.	44,273644/10,517359
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_1	1541,76 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_1	1304,47 m
Ascissa vertice destro superiore x_5	1658,07 m
Ordinata vertice destro superiore y_5	1403,38 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

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

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T I

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	FO [-]	TC* [sec]

S.L.O.	30,0	0,6	2,45	0,25
S.L.D.	50,0	0,76	2,44	0,26
S.L.V.	475,0	1,86	2,41	0,29
S.L.C.	975,0	2,34	2,42	0,3

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Opere di sostegno

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,72	0,18	0,0132	0,0066
S.L.D.	0,912	0,18	0,0167	0,0084
S.L.V.	2,232	0,24	0,0546	0,0273
S.L.C.	2,7355	0,31	0,0865	0,0432

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0546

Coefficiente azione sismica verticale

0,0273

Vertici profilo

N	X m	y m
1	1541,69	1164,43
2	1551,17	1169,43
3	1567,12	1174,43
4	1588,85	1179,43
5	1609,74	1184,43
6	1645,0	1189,43
7	1700,05	1194,43
8	1735,47	1199,43
9	1752,27	1204,43
10	1760,69	1204,43

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	1542,14	1160,04
2	1553,62	1164,69
3	1570,29	1170,43
4	1592,97	1176,17
5	1612,93	1180,27
6	1648,73	1184,64
7	1702,84	1190,38
8	1737,83	1194,76
9	1753,41	1198,85
10	1762,43	1201,04

Vertici strato I

N	X (m)	y (m)
1	1541,69	1151,05
2	1573,67	1163,44
3	1617,05	1174,36
4	1704,81	1183,99
5	1717,69	1187,84
6	1727,18	1192,44
7	1735,47	1199,43
8	1752,27	1204,43
9	1760,69	1204,43

Carichi distribuiti

N°	x _i (m)	y _i (m)	x _f (m)	y _f (m)	Carico esterno (kg/cm ²)
1	1653,17	1190,33	1668,17	1191,692	1,5

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,38
Ascissa centro superficie	1576,65 m
Ordinata centro superficie	1383,6 m
Raggio superficie	212,8 m

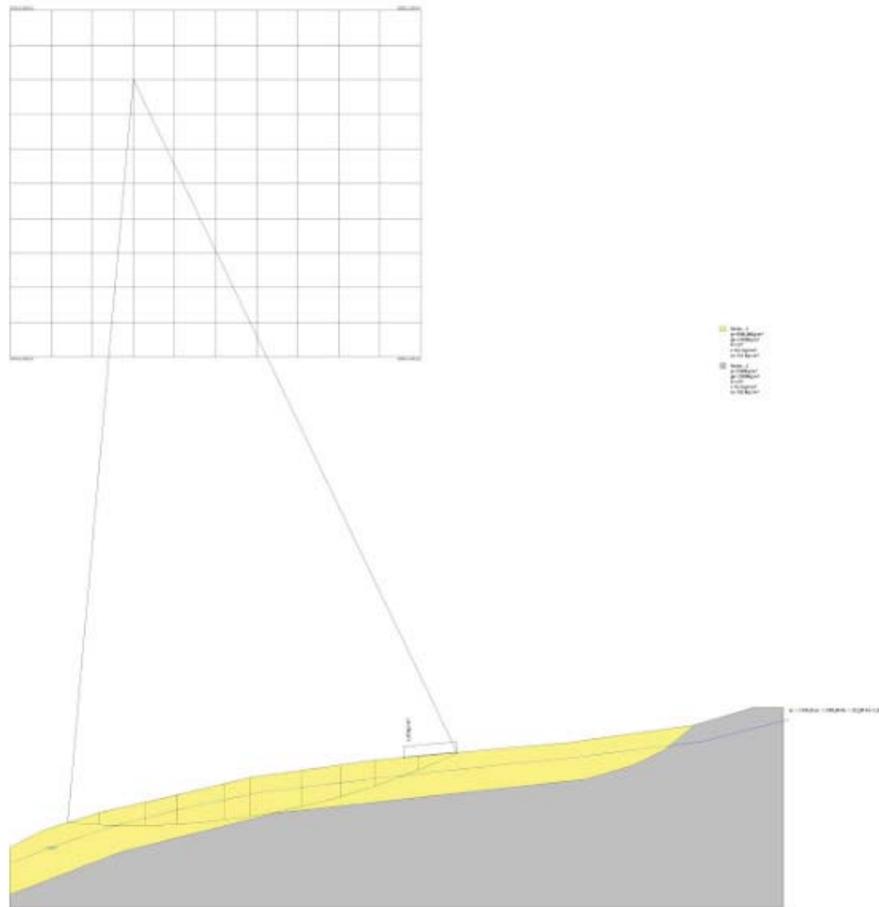
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; L_i: Lunghezza della base del concio; W_i: Peso del concio; U_i: Forze derivanti dalle pressioni neutre; N_i: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; T_i: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; E_i, E_{i-1}: Forze agenti normalmente alle facce del concio; X_i, X_{i-1}: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Analisi dei concii. Superficie...xc = 1576,65 | yc = 1383,597 Rc = 212,801 Fs = 1,3793
Lambda = 0,235

Nr.	B m	Alfa (°)	L _i m	W _i (Kg)
1	9,02	-3,78	9,04	28561,56
2	13,02	-0,82	13,02	120431,1
3	8,71	2,12	8,71	120051,3
4	13,34	5,09	13,39	232240,2
5	7,55	7,92	7,63	150074,8
6	14,49	10,93	14,76	290680,2
7	11,02	14,45	11,38	198575,8
8	9,75	17,36	10,21	147927,0
9	12,29	20,5	13,12	189375,3
10	11,02	23,89	12,05	203511,5

Sforzi sui concii

Nr.	X _i (Kg)	E _i (Kg)	X _{i-1} (Kg)	E _{i-1} (Kg)	N _i (Kg)	T _i (Kg)	U _i (Kg)
1	4038,28	17157,55	0,0	0,0	24220,34	12408,55	0,0
2	12660,2	53789,73	4038,28	17157,55	108672,0	37519,99	459,59
3	17552,27	74574,83	12660,2	53789,73	92011,56	30243,47	3084,11
4	22743,1	96629,27	17552,27	74574,83	165572,4	52913,41	5058,72
5	22865,57	97149,61	22743,1	96629,27	105653,7	33160,11	6014,89
6	21518,61	91426,73	22865,57	97149,61	200230,8	63044,15	6112,06
7	17744,59	75391,93	21518,61	91426,73	139881,1	44749,23	4798,34
8	13909,03	59095,7	17744,59	75391,93	109686,7	35939,92	3107,79
9	8433,89	35833,3	13909,03	59095,7	167219,1	53178,05	636,96
10	180,08	765,11	8433,89	35833,3	180001,2	55875,93	0,0



Il pendio risulta verificato con $F_s = 1,38$.

Sulla base dell'indagine geognostica e di stabilità eseguite, l'area considerata si ritiene quindi dotata di terreni che consentirebbero l'edificazione con interventi di normale impiego, senza alterare le condizioni di stabilità delle aree circostanti.

4. SISMICITÀ

4.1 NORMATIVA SISMICA

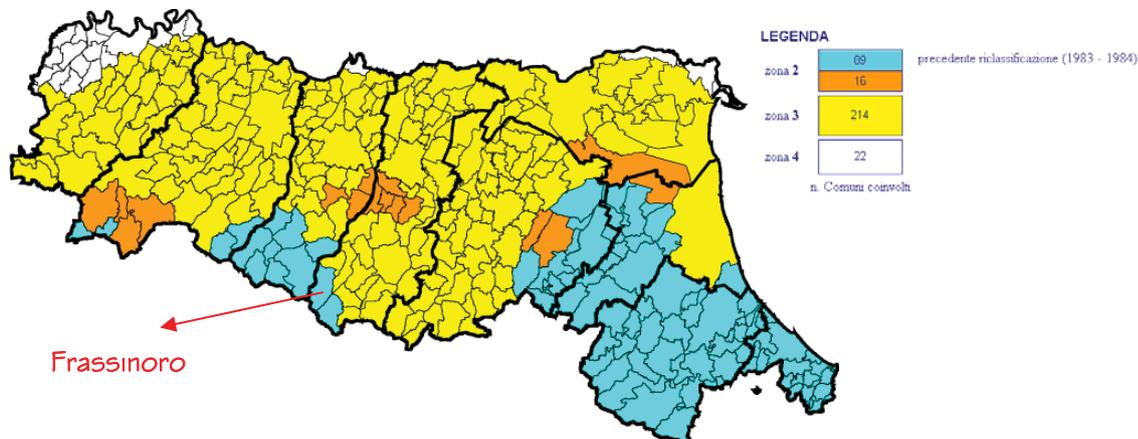
L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

L'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20-3-2003 e s.m.i., "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Con la Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1677/2005 si dà atto che a decorrere dal 25 ottobre trova attuazione la classificazione sismica dei comuni della regione, stabilita dall'OPCM n. 3274/2003, in via di prima applicazione e comunque fino alla deliberazione regionale di individuazione delle zone sismiche; il territorio comunale di Frassinoro ricade in zona 2.

Secondo quanto stabilito dall'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20-3-2003 e s.m.i., il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti dovranno in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto. L'occorrenza di tali fenomeni andrà valutata con opportune indagini geognostiche il cui scopo sarà anche quello di classificare il terreno di fondazione in diverse categorie contraddistinte da differente risposta sismica locale.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{530} se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{SPT} .



L'entrata in vigore della nuova normativa tecnica per la progettazione in zone sismiche è avvenuta, dopo diverse proroghe, per tutto il territorio nazionale il giorno 23.10.2005, giorno di entrata in vigore del D.M. 14.09.2005, inerente il Testo Unico sulle Norme Tecniche per le Costruzioni; tale normativa è stata tuttavia sottoposta a successiva revisione fino a giungere all'approvazione del decreto 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" del Ministro delle infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Capo Dipartimento della Protezione Civile pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Supplemento Ordinario n. 30.

Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto 14 gennaio 2008, sostituiscono di fatto quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005 (art. 1); la loro definitiva entrata in vigore è avvenuta a partire dal 1° Luglio 2009, come stabilito dalla Legge n. 77 del 24 giugno 2009 recante "Interventi urgenti a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici della regione Abruzzo nel mese di Aprile 2009 ed ulteriori interventi urgenti di protezione civile".

Secondo quanto stabilito dal Cap. 3.2 delle NTC, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A** quale definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S^e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini dell'applicazione delle NTC, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alle NTC, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Come stabilito al punto 3.2.2 "Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o, in assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, da definire tra le seguenti:

- A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore max pari a 3 m.*
- B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensate 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 V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina).*
- C - *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*
- D - *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fina).*
- E - *Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).*
- S1 - *Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_u < 70$ kPa), o che includono, uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine a bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.*
- S2 - *Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.*

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata; nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $NSPT_{30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente c_u_{30} nei terreni prevalentemente a grana fina.

4.2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO DI FRASSINORO

La sismicità non è omogeneamente diffusa su tutto il territorio provinciale.

Le zone in cui si concentra l'attività sismica sono il margine appenninico - padano, la cui attività è presumibilmente legata al fronte del trust pedeappenninico (Boccaletti et al., 1985; Boccaletti et al., 2004), la parte settentrionale della pianura, cioè la zona al di sopra della dorsale attiva delle Pieghe Ferraresi (dorsale sepolta che forma un arco tra Reggio Emilia e Ravenna) e delle Pieghe Emiliane (Pieri & Groppi, 1981), e l'alto Appennino dove si risente sia della sismicità locale, presumibilmente legata all'attività di strutture superficiali e del basamento, sia della sismicità Garfagnana.

Il territorio del Comune di Frassinoro è stato inserito nella classificazione sismica dei comuni della regione in zona 2, a sismicità medio-alta.

Con riferimento agli strumenti di pianificazione sovraordinata, si ricorda che il PTCP della Provincia di Modena ha affrontato il tema della pericolosità sismica locale nell'ambito della stesura della Variante Generale al PTCP, producendo la Tavola 2.2 del "Rischio Sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali"

Nella cartografia suddetta vengono indicati oltre agli effetti attesi in caso di sisma, anche gli studi ed approfondimenti specifici da eseguire sulle singole aree; l'area in esame viene classificata come "Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche".

Per la consultazione della cartografia si rimanda alla precedente Figura 11 in cui è riportato uno stralcio relativamente all'area d'interesse.

Secondo la cartografia suddetta, le condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono tali da rendere possibile il rischio di amplificazione del moto sismico.

La storia sismica di Frassinoro è stata desunta da "DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno", database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti; essa è riassunta graficamente nel diagramma seguente, mentre nella tabella sono elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > VII$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno (Ye), il mese (Mo), il giorno (Da), l'ora (Ho) ed, eventualmente, il minuto (Mi) in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale x 10 in scala MCS (I_x), e la magnitudo calcolata sulle onde di superficie (M_s).

Si riportano poi le osservazioni sismiche disponibili elencate per valori di intensità al sito (I_s) decrescenti; nella tabella seguente, oltre alla stessa intensità al sito (I_s), compaiono l'anno (Ye), il mese (Mo), il giorno (Da), l'ora (Ho) ed, eventualmente, il minuto (Mi) in cui si è verificato il terremoto, l'intensità massima epicentrale x 10 in scala MCS (I_x) e la magnitudo calcolata sulle onde di superficie (M_s).



Data	Effetti	In occasione del terremoto di:
Ye Mo Da Ho Mi	Is (MCS)	Area epicentrale Ix Ms
1920/09/07 05 55	70	GARFAGNANA 100 65
1925/03/15 17 15	45	FRASSINORO 45 44
1899/06/26 23 18	40	PISTOIESE 75 50
1965/11/09 15 35	40	ALTA V. SECCHIA 50 48
1898/03/04	35	CALESTANO 70 47
1929/04/20 01 09	30	BOLOGNESE 75 54
1931/06/10 17 02	25	MODENESE 40 45
1911/09/13 22 29	NF	CHIANTI 75 47

Tabella I - Eventi di maggior intensità al sito (Is > VII grado della scala MCS), Comune di Frassinoro

Dalla lettura di Tabella I si evidenzia che il massimo evento sismico censito a nel Comune di Frassinoro si è verificato il 20 Settembre 1920 con un'intensità dell'VII grado della scala MCS. L'epicentro (cfr. Fig. 14) venne identificato in Garfagnana; il terremoto è stato caratterizzato da una magnitudo calcolata sulle onde di superficie (Ms) pari a 7,0

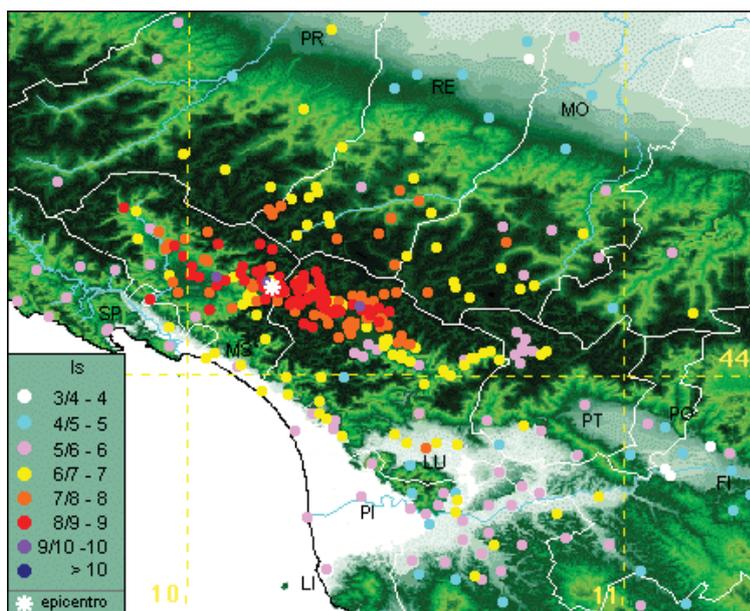


Figura 14 - Epicentro sisma del 7 Settembre 1920.

4.3 SISMICITÀ DEL SITO D'INDAGINE

Per la determinazione della categoria del suolo di fondazione del sito su cui è ubicato il fabbricato oggetto di ristrutturazione, è stata condotta sul sito in esame, una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo; l'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") ed alla delibera G.R.E.R. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

4.3.1 Metodo d'indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma ID (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

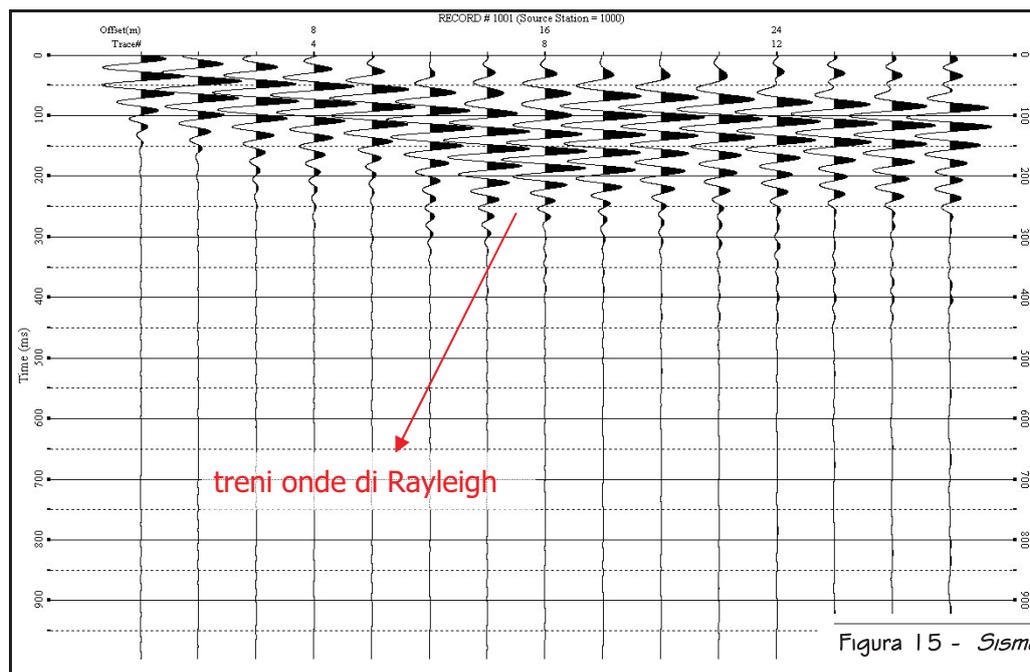


Figura 15 - Sismogramma

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine realizzata per il presente lavoro, è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, utilizzando tutto lo spazio a disposizione, con spaziatura tra i geofoni di 2,0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2,0 e 10,0 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

L'ubicazione dello stendimento è riportata nella successiva figura 16.

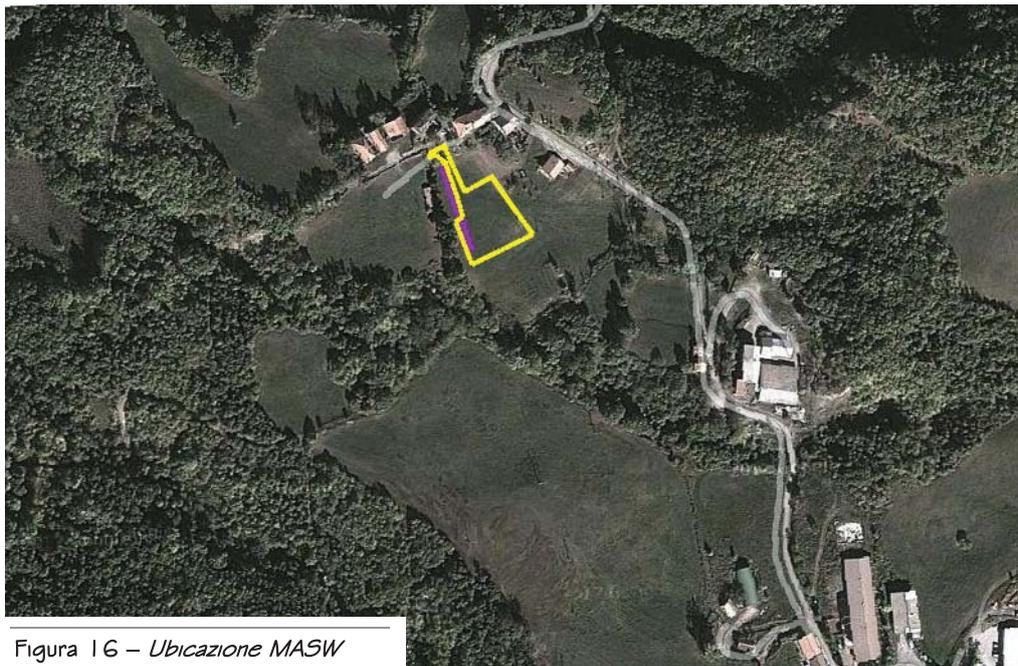


Figura 16 – Ubicazione MASW

4.3.2 Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

4.3.3 Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (Winmasw 4.6 – Eliosoft) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa

alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting" e l'ACG. Inoltre tramite le curve di attenuazione delle onde superficiale è possibile valutare con maggior precisione la qualità dei dati acquisiti.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente del modo fondamentale e, ove possibile, dei modi superiori.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità.

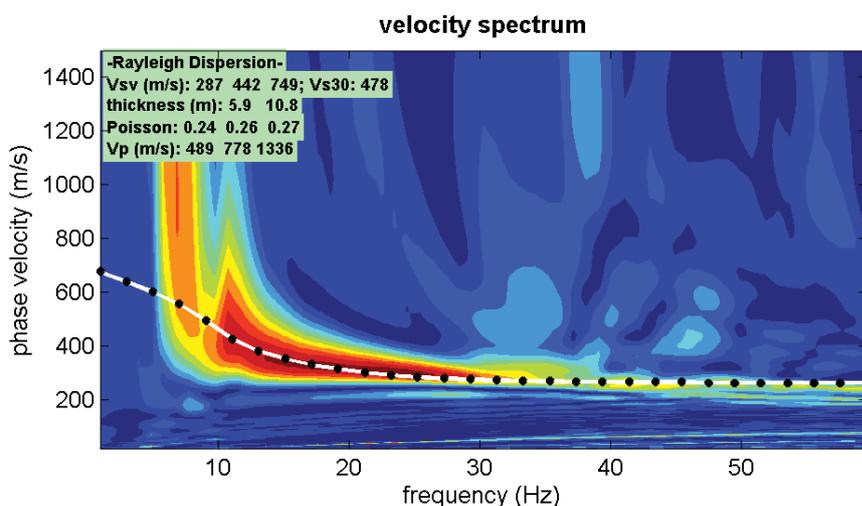


Figura 17 - Diagramma della curva di dispersione

L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di procedimenti calcolo e algoritmi genetici di inversione (global-search methods), che gestiscono all'intero di un "spazio di ricerca", modelli caratterizzati da parametri velocità di taglio (V_s) e spessori degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore degli sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello di inversione in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata. Viene inoltre restituita una stima dell'attendibilità (deviazione standard) del modello proposto ottenuta con tecniche statistiche.

Avendo a disposizione i risultati della prova penetrometrica dinamica eseguita sul sito, oltre ai dati di alcune altre prove eseguite in area attigua a quella d'indagine, è stato possibile impostare un modello geologico/geofisico con il quale definire parametri quali lo spessore degli strati e coefficiente di Poisson. Tale modello consente una più accurata inversione dei dati di campagna e di conseguenza una migliore definizione della sismostratigrafia del sito.

In conclusione viene restituito un diagramma (ID) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle V_{s30} e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

Va ricordato che il diagramma ID mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

4.3.4 Risultati - determinazione delle categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata. Il valore di V_{s30} è riferito ai primi 30 m a partire dal piano campagna.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-3.3	3.3	215
-7.3	4	245
-10.8	3.5	350
-30.0	19.2	984

Dall'indagine eseguita è stato calcolato un valore V_{sH} pari a **263 m/sec**.

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **E**:

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Di seguito è riportato il diagramma velocità V_s /profondità misurato.

Dai dati raccolti e dalle indagini eseguite (cfr. anche paragrafo 3.2) è possibile affermare che per l'area in studio si possono escludere effetti locali indotti da sisma quali instabilità (come verificato nel precedente paragrafo 3.2), cedimenti per addensamento o per fenomeni di liquefazione.



Figura 18 - Diagramma velocità V_s /profondità

4.4 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi della risposta sismica locale è stata condotta nel rispetto dell'Allegato A3 della DAL RER 112/2007, utilizzando il codice di calcolo EERA (Bardet et al., 2000) ed i tre accelerogrammi selezionati dalla Regione Emilia-Romagna per il Comune di Frassinoro:

- (1) - 000046xa_036016Frassinoro.xy;
- (2) - 000126xa_036016Frassinoro.xy;
- (3) - 000354xa_036016Frassinoro.xy.

Il profilo stratigrafico, geotecnico e sismico è stato dedotto dai risultati della prova penetrometrica dinamica e da quelli della verticale MASW, entrambe effettuate nel sito

d'indagine, e di seguito riportato nella versione grafica predisposta per il codice EERA (Figura 19).

Fundamental period (s) = 0,14 Average shear wave velocity (m/sec) = 250,83 Total number of sublayers = 4											
Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m ³)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1	4,2	83,17		17,65	215			2,1	37,06
	2	1	3,1	113,99		18,63	245			5,8	103,01
	3	1	1,7	232,64		18,63	350			8,1	147,72
Bedrock	4	0		2225,71	1	22,55	984	Outcrop		9,0	163,55

Figura 19 – Profilo stratigrafico, geotecnico e sismico.

Le curve di stress-deformazione e di smorzamento-deformazione utilizzate sono proprie del tipo di materiale I (ovvero Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990), essendo il materiale detritico, al di sopra del bedrock sismico (individuato a - 9m), costituito da materiale di alterazione delle argilliti variegate.

Il numero di iterazioni, selezionato affinché il modulo di taglio ed il rapporto di smorzamento siano consistenti con il livello di deformazione indotto dal sisma di riferimento in ogni strato, è pari ad 8. La magnitudo del sisma atteso è stata presa pari a 5,5 dal grafico di disaggregazione di $a(g)$ dell'INGV, per un livello di pericolosità pari al 10% di probabilità di superamento di $a(g)$ in 50 anni. Il rapporto tra la deformazione di taglio effettiva e quella massima è risultato pari a 0,45.

La convergenza è stata raggiunta con errore percentuale compreso tra $7,76E-05$ e $0,000155$.

I valori di PGA e di Intensità di Housner (IS) ottenuti in superficie dalle tre analisi di risposta sismica locale, generate utilizzando i tre accelerogrammi regionali, sono riportati nella tabella seguente; in essa sono anche stati evidenziati i fattori di amplificazione della PGA e di IS tra bedrock sismico e superficie.

	000046xa	000126xa	000354xa
PGA	1,74	1,61	2,45
PGA ₀	0,62	0,43	0,61
PGA/PGA ₀	2,81	3,71	4
IS _(0,1-0,5)	41,22	36,71	52,84
IS _{0(0,1-0,5)}	26,19	20,36	25,75
IS/IS _{0(0,1-0,5)}	1,57	1,8	2
IS _(0,5-1)	29,9	22,21	33,36
IS _{0(0,5-1)}	25,63	17,77	28,73
IS/IS _{0(0,5-1)}	1,17	1,25	1,16

5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-AMBIENTALE DELLA PROPOSTA DI VARIANTE AL PRG DI FRASSINORO

La presente relazione è stata redatta a supporto della Variante Generale al P.R.G. di Frassinoro ed è relativa ad un'area posta nella frazione di Fontanaluccia, in località Pere Storte, per la quale si chiede l'inserimento in "Zone di completamento - B1"; in particolare il lotto in esame si pone in continuità con la parte già edificata della borgata, sviluppandosi nella zona di monte.

Sul lotto, che presenta dimensioni contenute, la proprietà ha manifestato l'interesse a realizzare un intervento edificatorio di modeste dimensioni, orientando preferibilmente la propria scelta su una tipologia di fabbricato monofamiliare con struttura principale in legno, ad uno o due piani, con eventuale basamento in c.a.

L'analisi degli strumenti di pianificazione sovraordinata, ha evidenziato l'assenza di vincoli che pongano un limite alla trasformabilità del lotto, che sorge tuttavia su di un area caratterizzata da un corpo di frana quiescente, perimetrato sia dal PTCP che dal PRG vigente.

Ai sensi dell'art. 15 delle NTA del PTCP, entro tali aree

"I Comuni, nella fase di formazione del Piano Strutturale Comunale, possono consentire e regolamentare, compatibilmente con le specifiche norme di zona ed in subordine ad una verifica complessiva volta a dimostrare la non influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità b. interventi di non rilevante estensione a completamento degli insediamenti urbani, e solamente ove si dimostri:

b.1 l'esistenza e/o il permanere di quote di fabbisogno non altrimenti soddisfacibili;

b.2 la compatibilità delle predette individuazioni con la tutela delle caratteristiche paesaggistiche generali dei siti interessati e con quella di singoli elementi fisici, biologici, antropici di interesse culturale in essi presenti, localizzando dette previsioni all'interno o in stretta contiguità al perimetro del Territorio Urbanizzato ed in presenza di adeguate reti infrastrutturali esistenti. In particolare, nel caso di interventi in stretta contiguità al perimetro del territorio urbanizzato, ai fini del non aumento dell'esposizione al rischio, la compatibilità con le condizioni di dissesto è accertata dalla Provincia nel corso del procedimento di formazione del Piano Strutturale Comunale.

L'analisi della cartografia provinciale ha inoltre evidenziato come il lotto in esame ricada all'interno delle "Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche", per le quali è prescritto venga effettuata la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche. Per la microzonazione sismica sono previsti approfondimenti di III livello.

La presente indagine geologica-geotecnica e sismica ha avuto l'intento di analizzare tutti gli elementi geologico-ambientali che potessero in qualche modo influire sull'edificabilità del lotto d'indagine, al fine di verificarne l'idoneità alla trasformazione, senza che tale trasformazione pregiudichi le condizioni di stabilità generali dell'area in cui l'intervento si colloca, coerentemente con le condizioni imposte dalla normativa vigente.

A tal fine, in data 02/08/2012 è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH, posizionata nella zona cento-orientale del lotto, che ha consentito, unitamente ai dati relativi ad indagini eseguite nel lotto attiguo a disposizione della scrivente, di ricostruire la stratigrafia dell'area d'indagine, lo spessore della copertura ed i parametri geotecnici relativi ai terreni presenti; è stata inoltre eseguita una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo, con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.m. 14/01/08 ("Nuove norme tecniche per la costruzione") ed alla delibera G.R.E.R. (n. 1677 del 24/10/05).

Sulla base dell'indagine geognostica si è evidenziato che nell'area lo spessore del materiale di copertura risulta progressivamente crescente dalla zona prossima alla strada Via Diga fino all'area occupata dal lotto in esame, dove si sono riconosciuti spessori del terreno di copertura pari a circa 9.0 – 10 m; al di sotto della coltre detritica superficiale, si rileva la presenza dei terreni del substrato costituiti, da marne a componente presumibilmente più calcarea, nella zona più prossima alla viabilità pubblica e marne meno coerenti, nella zona più a valle in cui è ubicato il lotto in esame, dove maggiore risulta la componente argillosa; tale dato trova per altro conferma anche nella morfologia dell'area, dove si riconosce una zona di monte, a ridosso della strada, con pendenze maggiori, contraddistinta quindi da materiali a maggior competenza ed una zona più a valle, dove le pendenze sono invece meno acclivi fino ad essere debolmente pendenti, con terreni più plastici e quindi più erodibili e modellabili.

Le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati, sono risultate complessivamente discrete, con valori di resistenza meccanica che se nell'area prossima alla strada possono ritenersi buoni già a bassa profondità dal p.d.c. (2.5-3.0 m), in corrispondenza del lotto d'indagine, risultano discreti sino a circa 4.2 m, buoni oltre tale profondità.

Non è stata evidenziata la presenza di acqua nel foro di sondaggio, che però era stata segnalata in occasione della precedente campagna geognostica relativa al lotto attiguo; in tale situazione, la presenza di acqua era segnalata, in particolare, in corrispondenza del passaggio tra i terreni di copertura della coltre detritica, dotati di un discreto grado di permeabilità, che consente un discreto drenaggio delle acque d'infiltrazione superficiale ed i terreni del substrato marnoso sottostante, che seppur caratterizzato da una propria permeabilità, legata dell'intensa fratturazione che lo caratterizza, presenta tuttavia permeabilità inferiore a quella dei terreni sovrastanti.

Tale condizione può generare locali ristagni di acqua, che impongono pertanto una corretta regimazione delle acque meteoriche e d'infiltrazione, in occasione dell'esecuzione di interventi di trasformazione.

Ai sensi della Del. 112 oggetto n. 2131 del 02/05/2007 per l'area in esame è stato eseguito un approfondimento di III° Livello, finalizzato a verificare la stabilità del pendio sulla quale si colloca l'area in studio. Considerata la morfologia dell'area, per l'esecuzione delle verifiche di stabilità è stato preso in esame il profilo del versante, nel tratto interessato dall'intervento, lungo la direzione di massima pendenza che segue l'andamento della frana quiescente cartografata nella Carta del Dissesto del PTCP 2009.

Nella verifica di stabilità, eseguita in condizioni sismiche si sono assunte condizioni peggiorative rispetto alla situazione reale, al fine di verificare la stabilità dell'area nelle condizioni di massima criticità. In particolare:

- si è deciso di utilizzare, in via cautelativa, valori dei parametri geotecnici dei terreni che costituiscono i diversi strati, inferiori rispetto a quelli ottenuti con le indagini geognostiche, ponendosi pertanto nelle condizioni di massima criticità;
- l'analisi di stabilità è stata eseguita nelle condizioni più critiche di terreno saturo e falda posta in prossimità del piano campagna, nonostante non sia stata rilevata la presenza di acqua durante l'esecuzione delle indagini eseguite;
- è stato inoltre ipotizzato un sovraccarico sul versante corrispondente ad un presunto intervento edificatorio che trasmette al terreno un peso di 1.5 Kg/cm^2 , sebbene nelle intenzioni della proprietà vi sia l'ipotesi di realizzazione di un edificio unifamiliare ad uno o due piani con struttura in legno, dotata al massimo di un piano in c.a., che trasmetterebbe pertanto al terreno un carico notevolmente inferiore.

Alle condizioni sopra esposte il pendio è risulta verificato con $F_s = 1,38$.

L'indagine sismica eseguita ha verificato la presenza di una discontinuità significativa alla profondità di circa 10-11 m dal p.d.c., identificabile come il passaggio tra lo strato detritico di copertura e il substrato marnoso.

Dall'indagine sismica eseguita è stato calcolato un valore V_{sH} pari a **263 m/sec**.

Secondo normativa la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **E**:

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).

E' stata infine effettuata l'analisi della risposta sismica locale, che ha consentito di definire i parametri sismici locali, tra cui anche i fattori di amplificazione della PGA e di IS tra bedrock sismico e superficie.

La trasformazione urbanistica proposta riguarderà pertanto un lotto di terreno di dimensioni contenute, in contiguità con l'urbanizzato, la cui urbanizzazione risulta del tutto compatibile con le tutele paesaggistiche generali delle aree interessate e con quelli dei singoli elementi e non apporta alcuna influenza negativa sulle condizioni di stabilità del versante e di rischio per la pubblica incolumità.

L'indagine condotta e le verifiche effettuate permettono infatti di ritenere che l'edificazione all'interno del lotto in esame, non comporterà alcuna alterazione della stabilità delle aree adiacenti, ne tantomeno potrà influire sulla stabilità del corpo di frana quiescente perimetrato,

che non mostra per altro, in corrispondenza del lotto in esame, evidenze di movimento da parecchi decenni, come testimoniato dall'integrità delle abitazioni presenti nelle aree immediatamente attigue e del tratto stradale rettilineo posto subito a monte del lotto.

Si ritiene pertanto che le condizioni prescritte dalla normativa provinciale ed in particolare dalle disposizioni di cui all'art. 15 delle NTA del PTCP, possano ritenersi soddisfatte.

In fase esecutiva si dovranno attentamente valutare e dimensionare gli eventuali scavi e riporti e si dovrà prevedere un adeguato sistema di raccolta ed allontanamento delle acque di scorrimento superficiale provenienti dalla zona di monte e di drenaggio delle acque d'infiltrazione, onde evitare pericolosi ristagni d'acqua che potrebbero comportare condizioni di pericolosità per la stabilità locale del lotto.

Pur riconoscendo che l'indagine geognostica eseguita possa ritenersi sufficientemente esaustiva per la caratterizzazione geomeccanica del lotto in esame, in rapporto alla finalità del presente studio, considerata la particolare condizione dell'area, si ritiene opportuno che in fase esecutiva tale indagine venga implementata attraverso l'esecuzione di prove penetrometriche, posizionate in corrispondenza della reale ubicazione dell'intervento edilizio proposto, al fine di definire puntualmente ed in maniera circoscritta le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti e lo spessore del terreno di copertura.

Sulla base di tale indagine, unitamente a quella già eseguita, si potrà valutare la tipologia di fondazioni più idonee, anche in ragione dell'intervento effettivamente proposto, che dovrà in ogni caso essere di modesta entità.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati sul lotto d'indagine, delle indagini geognostiche eseguite, che hanno permesso una caratterizzazione meccanica preliminare del lotto d'interesse e delle verifiche effettuate, si ritiene, l'area idonea all'edificazione con le precisazioni e prescrizioni in questa sede evidenziate e precedentemente specificate.

In ogni caso occorrerà in fase esecutiva l'assistenza di un tecnico per la verifica in corso d'opera delle condizioni geotecniche assunte in questa sede (punto b3 delle N.T. del D.M. 11/03/1988).

Nonantola, 06/08/2013

Dot. ssa Geol. Stefania Asti

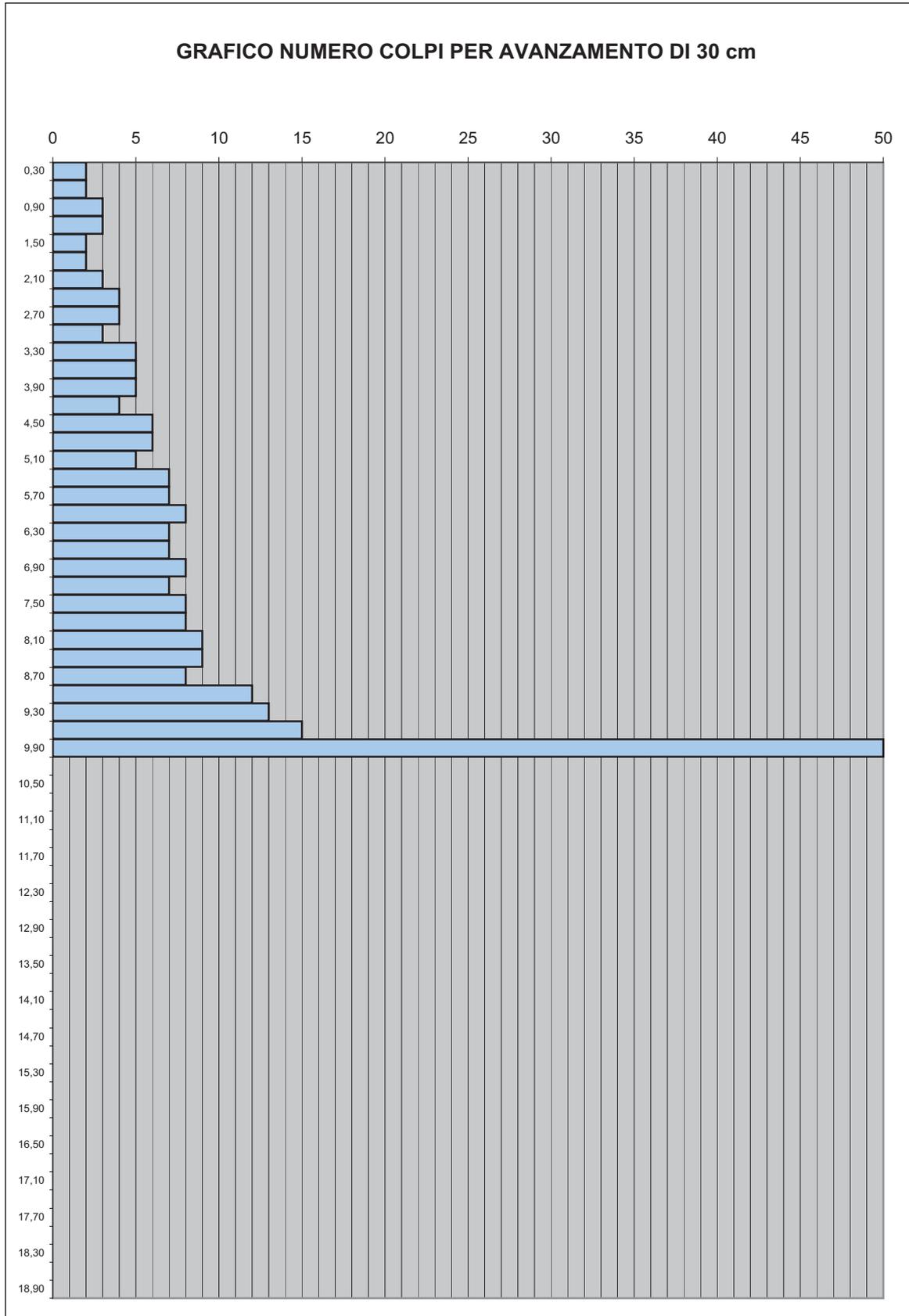


ALLEGATO I
TABULATI E DIAGRAMMI PENETROMETRICI

Prova n.	DPSH	1	Maglio	73	[Kg]
Data		02/08/2012	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20	[cm ₂]
Ubicazione dell'intervento	Pere Storte		Angolo della punta	60	[gradi]
			Peso delle aste	6,00	[Kg/ml]
			Massa passiva	5	[Kg]
			Raffronto statico	0,4	

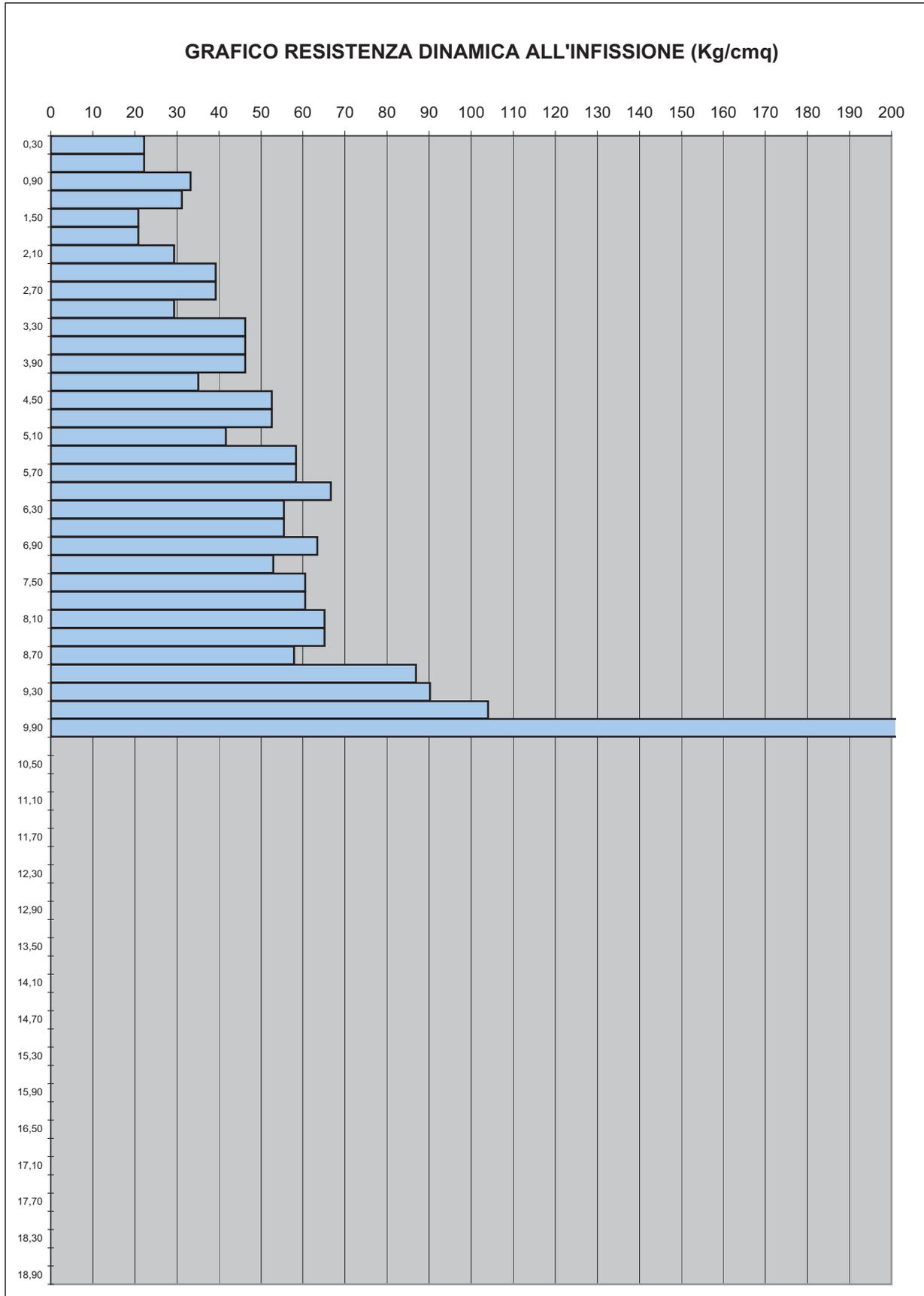
Profondità [m]	N. colpi	N. aste	Attrito Aste	Rd [Kg/cm ²]	Qa [Kg/cm ²]	Rp statico [Kg/cm ²]	Cu [Kg/cm ²]	Eed [Kg/cm ²]
0,30	2	2	1	22,20	1,11	8,88	0,44	38
0,60	2	2	1	22,20	1,11	8,88	0,44	38
0,90	3	2	1	33,31	1,67	13,32	0,67	47
1,20	3	3	1	31,22	1,56	12,49	0,62	45
1,50	2	3	1	20,82	1,04	8,33	0,42	37
1,80	2	3	1	20,82	1,04	8,33	0,42	37
2,10	3	4	1	29,39	1,47	11,76	0,59	44
2,40	4	4	1	39,18	1,96	15,67	0,78	51
2,70	4	4	1	39,18	1,96	15,67	0,78	51
3,00	3	4	1	29,39	1,47	11,76	0,59	44
3,30	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
3,60	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
3,90	5	5	1	46,26	2,31	18,50	0,93	57
4,20	4	6	1	35,06	1,75	14,02	0,70	48
4,50	6	6	1	52,59	2,63	21,04	1,05	62
4,80	6	6	1	52,59	2,63	21,04	1,05	62
5,10	5	7	1	41,63	2,08	16,65	0,83	53
5,40	7	7	1	58,29	2,91	23,31	1,17	67
5,70	7	7	1	58,29	2,91	23,31	1,17	67
6,00	8	7	1	66,61	3,33	26,65	1,33	73
6,30	7	8	1	55,51	2,78	22,20	1,11	64
6,60	7	8	1	55,51	2,78	22,20	1,11	64
6,90	8	8	1	63,44	3,17	25,38	1,27	71
7,20	7	9	1	52,99	2,65	21,19	1,06	62
7,50	8	9	1	60,56	3,03	24,22	1,21	68
7,80	8	9	1	60,56	3,03	24,22	1,21	68
8,10	9	10	1	65,16	3,26	26,07	1,30	72
8,40	9	10	1	65,16	3,26	26,07	1,30	72
8,70	8	10	1	57,92	2,90	23,17	1,16	66
9,00	12	10	1	86,89	4,34	34,75	1,74	90
9,30	13	11	1	90,20	4,51	36,08	1,80	92
9,60	15	11	1	104,08	5,20	41,63	2,08	103
9,90	50	11	1	346,94	17,35	138,78	6,94	298
10,20								
10,50								
10,80								
11,10								
11,40								
11,70								
12,00								
12,30								
12,60								
12,90								
13,20								
13,50								
13,80								
14,10								
14,40								
14,70								
15,00								

Prova n.	DPSH	1	Maglio	73	[Kg]
Data		02/08/2012	Altezza di caduta	0,75	[m]
Committente			Area della punta	20	[cm ₂]
Ubicazione dell'intervento	Pere Storte		Angolo della punta	60	[gradi]
			Peso delle aste	6	[Kg/ml]
			Massa passiva	5	[Kg]
			Raffronto statico	0,4	



Prova n. DPSH 1
 Data 02/08/2012
 Committente
 Ubicazione dell'intervento Pere Storte

Maglio 73 [Kg]
 Altezza di caduta 0,75 [m]
 Area della punta 20 [cm₂]
 Angolo della punta 60 [gradi]
 Peso delle aste 6 [Kg/ml]
 Massa passiva 5 [Kg]
 Raffronto statico 0,4



<i>Domanda</i>	n. 021
<i>Richiedente</i>	Facchini Germana
<i>Foglio</i>	33
<i>Mappali</i>	423
<i>Tavola PRG</i>	5.6

Dott. Daniele Piacentini Geologo
Via Chioffi 7 41010 Modena
tel.059 460135 fax 059 461619
e-mail piacci@orion.it
CF: PCN DNL53M22D783F
PI. 00923790364

Modena, 15 Novembre 2002

Relazione geologico – geotecnica per la verifica di edificabilità di un lotto di terreno
posto in Frassinoro capoluogo Foglio 33 mappale 423.

Comune di Frassinoro (MO)

Committente: Pieracci Maria

La relazione è articolata nei seguenti punti:



Sommario

1) Premessa.....	1
2) Localizzazione.....	2
3 Catastale.....	3
4) Caratteristiche geologiche generali.....	4
5) Caratteristiche di dettaglio del lotto.....	5
6) Conclusioni.....	6
ALLEGATO 1 Carta geologica.....	7

1) Premessa.

La presente relazione viene redatta allo scopo di verificare l'edificabilità di un lotto di terreno posto in Frassinoro identificato al Foglio 33 mappale 423 al fine dell'inserimento del lotto stesso nel Piano regolatore generale come zona di completamento.

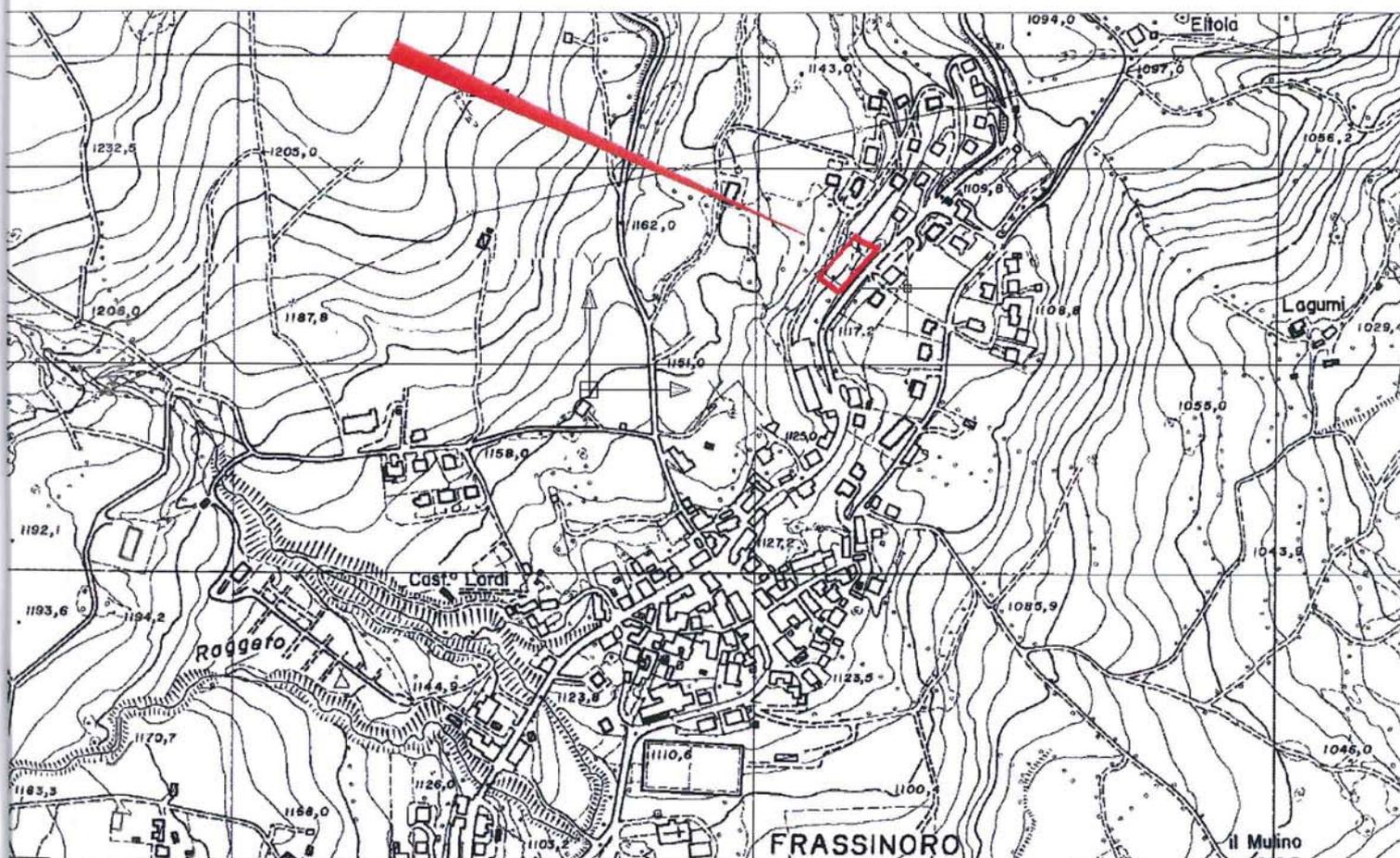
Per la verifica dell'edificabilità si è proceduto a norma del DM 11.03 88 con sopralluoghi per il rilievo della situazione geologica, geomorfologica e di stabilità nell'area e nella zona di possibile influenza; nello specifico del lotto, sono state eseguite osservazioni di dettaglio al fine di rilevarne le caratteristiche di edificabilità.

2) Localizzazione

Il lotto in oggetto è ubicato in Frassinoro capoluogo e si trova nei pressi del settore nord dell'edificato, localmente noto come zona delle Ville; quest'ultimo è sviluppato sia a monte che a valle del tracciato della Strada Provinciale.

In particolare il lotto è ubicato a monte della S.P. in adiacenza dell'insediamento edificato già esistente: al lato nord confina con un lotto edificato, come pure al lato est è prospiciente all'edificato sotto strada e da questo separato dal corso della S.P.

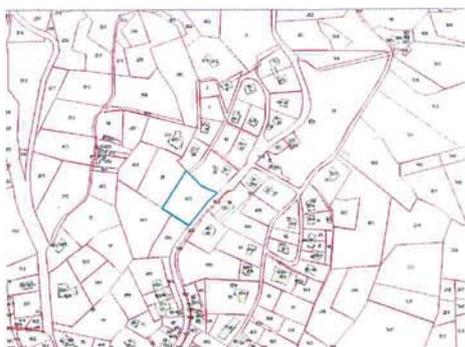
STRALCIO CTR scala 1/5.000



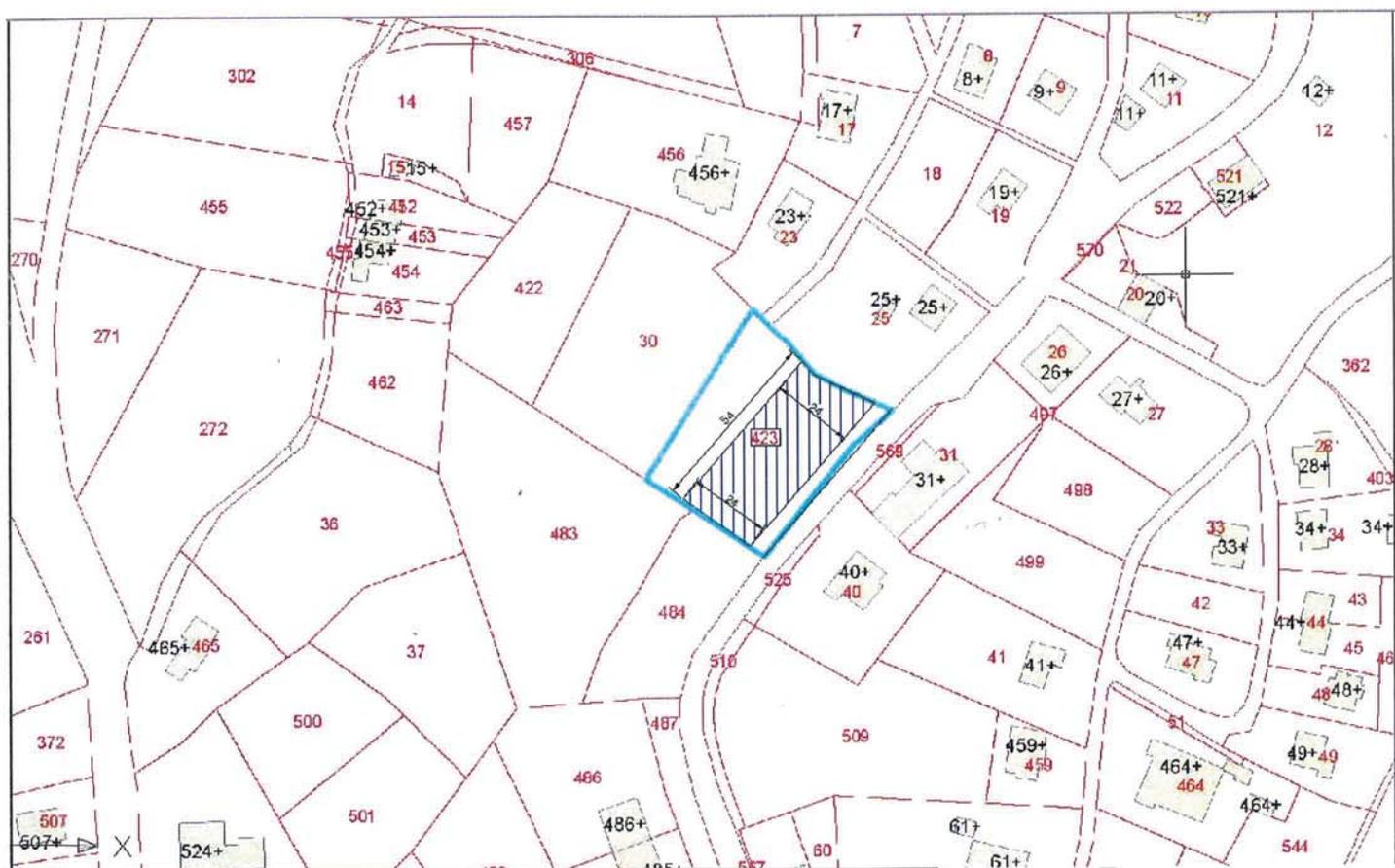
DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CHIOSSI 7 41010 MODENA
RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA VERIFICA DI EDIFICABILITÀ DI UN LOTTO A FRASSINORO
PIERACCI MARIA
NOVEMBRE 2002
Z:\2013_BISIDANTE FACCHINI\RELAZIONE DANTE-BELLA .docx

3 Catastale

STRALCIO Catastale Foglio 33 scala 1/2.000



Nell'ambito del mappale 423, la richiesta riguarda un'area a forma rettangolare di circa 55 m di lunghezza e 24 di altezza pari a una superficie di circa 1.300 mq disposta parallelamente alla strada provinciale e a distanza di 5 m dalla stessa.

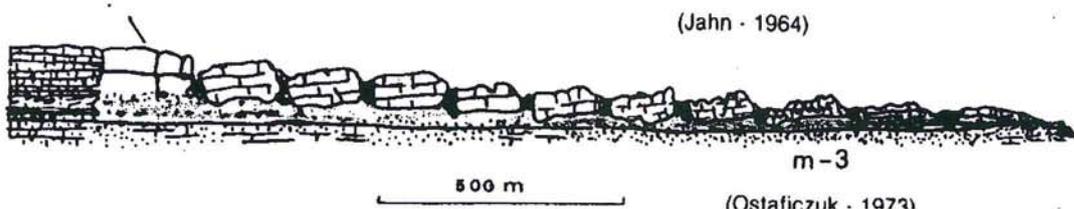


DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CHIOSSI 7 41010 MODENA
RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA VERIFICA DI EDIFICABILITÀ DI UN LOTTO A FRASSINORO
PIERACCI MARIA
NOVEMBRE 2002
Z:\2013_BIS\ DANTE FACCHINI\RELAZIONE DANTE-BELLA. docx

4) Caratteristiche geologiche generali

Con riferimento alla carta geologica di Allegato 1, l'area in esame è collocata all'interno della placca calcarea di Frassinoro; questa è formata dal flysch di Monte Venere MOV che è morfologicamente assestata in blocchi tipicamente disposti a gradinata con area piane raccordata da scarpate acclivi.

Questa morfologia è tipica delle placche di flysch cretaceo dell'Appennino e paiono essere riconducibili a fenomeni di espansione laterale avvenuti durante la messa in posto di queste formazioni rocciose rigide sulle loro basi di argille caotiche, schematicamente rappresentate (da Varnes) nel seguente modo.



I bordi delle zolle pianeggianti sono delimitati da scarpate strutturali delle quali sono ben evidenti i bordi rivolti ad Est organizzati almeno in due ordini dei quali quello più basso è posto a quota media intorno a 1100 m, dalla Chiesa-campo sportivo fino al bordo della cresta dell' Eltola sovrastante le località Lagumi -il Mulino; questa costituisce il bordo Est della placca calcarea.

Una seconda scarpata strutturale si trova a monte ed in posizione interna alla placca e delimita una zolla pianeggiante posta mediamente a quota 1150 m.

Nel ripiano tra queste due scarpate si sviluppa l'insediamento di Frassinoro che pertanto si trova in posizione del tutto tranquilla e stabile e protetta da qualsiasi fenomeno di degrado.

Il lotto in oggetto è collocato in corrispondenza della scarpata superiore e infatti è caratterizzato da una posizione di pendio che raccorda due zolle sub pianeggianti.

In termini di stabilità infatti tutta la zona di Frassinoro si caratterizza per una eccellente stabilità dovuta appunto alla sua collocazione sulla placca di roccia calcarea; i problemi di stabilità si manifestano oltre il bordo dove compaiono le argille di base, quindi ben lontano e del tutto ininfluenti sull'area in oggetto.

Per quanto riguarda l'idrografia questa è regolata dal fosso dell'Abbadia che scorre in un vallone incassato che divide il settore di Frassinoro da quello di Casa Giannasi.

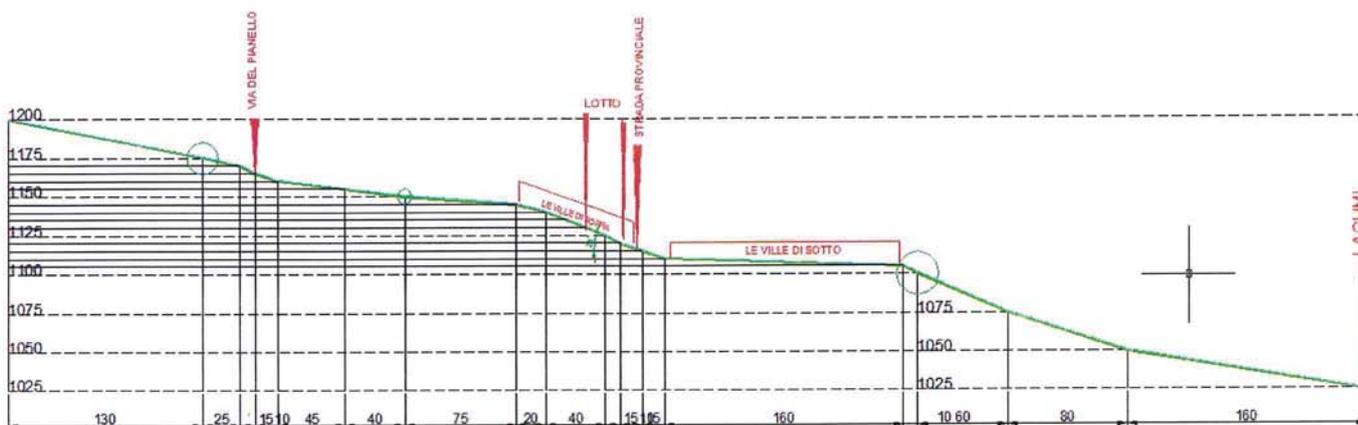
Rispetto all'area in questione si trova quasi 500 metri a sud Ovest quindi ben lontano e del tutto ininfluente; inoltre non essendo presenti sorgenti e si possono escludere interferenze negative con l'ambiente idrico.

In conclusione da un punto di vista geologico e geomorfologico si riconoscono ottimi caratteri di stabilità tanto complessiva quanto specifica del lotto.

5) Caratteristiche di dettaglio del lotto.

Va aggiunto che, in generale, da un punto di vista litologico, la zona di Frassinoro è caratterizzata dalla presenza del substrato roccioso con calcari variamente fratturati normalmente sub affioranti in corrispondenza delle scarpate e coperto da detriti di alterazione con spessori non elevati nelle zone pianeggianti.

Si è già accennato al fatto che il lotto è posto sul fronte di una scarpata strutturale, infatti questo presenta pendenza media di 20-21° intorno al 35-40% che risulta ben evidente, se osservata nel profilo del versante, come fascia di raccordo fra un settore di monte (poco pendente fino alla via del Pianello) ed uno di valle (zona delle ville di sotto) decisamente pianeggiante.



Profilo pendio scala 1/5.000

La collocazione in scarpata, nell'ambito della placca di Frassinoro, è di per sé stessa garanzia di costituzione rocciosa; infatti, pur in una generale limitata entità di affioramenti rocciosi, nella zona poco a sud del lotto, nell'ambito dello scavo dell'unico capannone posto a monte della strada provinciale, affiorano calcari tipicamente fratturati; stessa situazione litologica è interessa la fascia a nord del lotto dove sono state costruiti numerosi edifici attualmente in buono stato di conservazione.

Vista affioramento a sud del lotto.



PIERACCI MARIA
NOVEMBRE 2002
Z:\2013_BISIDANTE FACCHINI\RELAZIONE DANTE-BELLA .docx

Da quanto rilevato si evince che il lotto in oggetto è formato da roccia in subaffioramento e che le sue caratteristiche geometriche con pendenza di 20-21° può consentirne agevolmente l'uso edilizio realizzando un edificio con profilo a gradoni che può consentire l'appoggio diretto in roccia del settore di monte dell'edificio mentre per il settore di valle si dovrà curare la quota di appoggio peraltro posizionabile in roccia a profondità non elevata.

Per quanto rilevato se ne può concludere senza ulteriori indagini o rinvii la edificabilità del lotto esaminato.

6) Conclusioni

Con la presente relazione sono state studiate le condizioni di edificabilità di un lotto di terreno posto in Frassinoro identificato al Foglio 33 mappale 423 al fine dell'inserimento del lotto stesso nel PRG comunale come Zona di completamento.

Si è visto che il lotto si trova sulla placca di flysch di Frassinoro in posizione interna costituito da roccia calcarea in subaffioramento in condizioni di ottima stabilità ed in posizione di non interferenza con acque superficiali o sotterranee.

La positiva valutazione dell'edificabilità deriva dalla presenza di roccia in subaffioramento e si può quindi concludere che il lotto risulta edificabile senza ulteriori rimandi.

La presente relazione non vale come Regolazione geologica di progetto che dovrà essere redatta sulla base del progetto esecutivo a norma del DM 11.03.88.

Infine per quanto riguarda le superfici boscate si è verificato e il lotto è interessato da un impianto arboreo artificiale con aree arbustive che, per quanto dichiarato dai committenti, è stato eseguito su loro richiesta con vincolo a scadenza venticinquennale.

Dott Daniele Piacentini Geologo
Via Chioffi 7 41010 Portile Modena

In allegato 1: Carta geologica

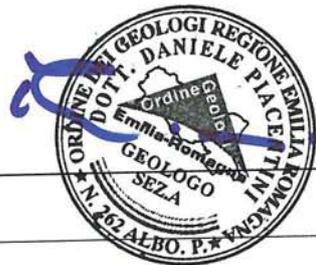
Post scriptum:

DICHIARAZIONE: i sottoscritti professionista e proprietario dell'area dichiarano il loro assenso all'uso della presente relazione da parte del Comune di Frassinoro per scopi pianificatori senza nulla pretendere.

In Fede

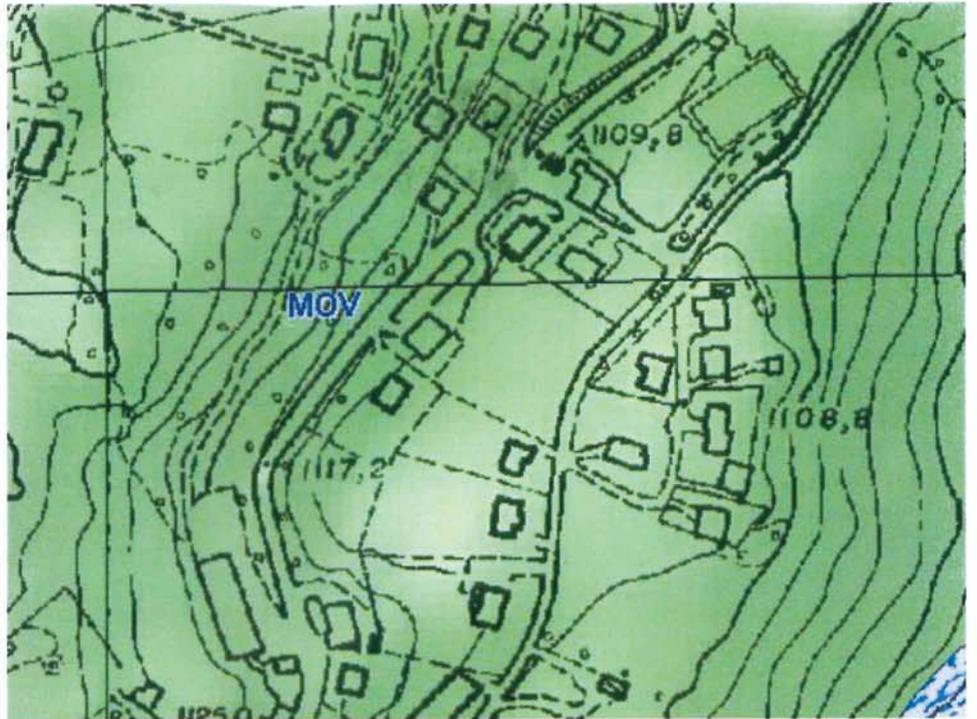
Pieracci Maria _____

Piacentini Daniele _____



DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CHIOFFI 7 41010 MODENA
RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA VERIFICA DI EDIFICABILITÀ DI UN LOTTO A FRASSINORO
PIERACCI MARIA
NOVEMBRE 2002
Z:\2013_BIS\ DANTE FACCHINI\RELAZIONE DANTE-BELLA.docx

ALLEGATO 1 Carta geologica



Comune di FRASSINORO (MO), sezione CTR: 235110

Unità geologiche (10K)	zoom	sigla	MOV
MOV - Formazione di Monte Venere		etÀ inf.	
		etÀ sup.	
		nome	Formazione di Monte Venere
		legenda	MOV - Formazione di Monte Venere
		dominio	Dominio Ligure
		gruppo	F13 - Formazione di Monte Venere
		sigla litotecnica	B1p - Rocce costituite da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici
		litotecnica	Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > LP > 1/3$.
	zoom	Documenti	99199

DOTT. DANIELE PIACENTINI GEOLOGO VIA CHIOSSI 7 41010 MODENA
 RELAZIONE GEOLOGICO - GEOTECNICA VERIFICA DI EDIFICABILITÀ DI UN LOTTO A FRASSINORO
 PIERACCI MARIA
 NOVEMBRE 2002
 Z:\2013_BIS\ DANTE FACCHINI\RELAZIONE DANTE-BELLA .docx

<i>Domanda</i>	n. 026
<i>Richiedente</i>	Aravecchia Clara
<i>Foglio</i>	19
<i>Mappali</i>	271 - 272
<i>Tavola PRG</i>	5.6

STUDIO GEOLOGICO PETRA

di Dott. Geol. Andrea Zanotti
Piazza Matteotti, 37 - 41121 Modena - tel./fax +3959220030 - studiopetra@libero.it
Codice fiscale ZNTNDR64E03I462U - Partita I.V.A. 02012030363

VERIFICHE DI STABILITA' E RIVALUTAZIONE DEL PROFILO Vs CON ALTRA TECNICA

NOTA INTEGRATIVA ALLA VARIANTE AL PIANO
REGOLATORE DEL COMUNE DI FRASSINORO (MO):
LOTTIZZAZIONE PRIVATA "ARAVECCHIA GIULIANA", LOC.
PIASCANETI. **RIF. PRATICA 026**

REGIONE
EMILIA - ROMAGNA

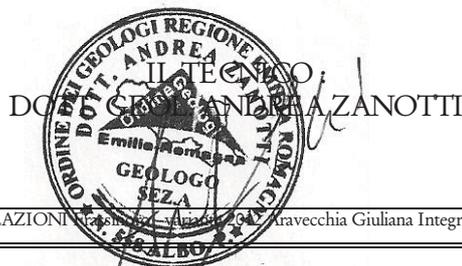
PROVINCIA DI
MODENA

COMUNE DI
FRASSINORO

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988, lettere A, B, H;
- Circolare LLPP 24/10/88 n. 30483;
- R.D. n. 3267/1923 e n. 1126/1926,
- L.R. 3/1999, direttiva regionale 117/2000 (Vincolo Idrogeologico)
- PTPC Provincia di Modena;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Fiume PO;
- O.P.C.M. n. 3274/2003 (classificazione sismica territorio);
- D. A. L. n. 112/2007 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni).
- Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617.

COMMITTENTE :
SIG. ARAVECCHIA GIULIANA



MODENA 25/08/2013

RELAZIONI INTEGRATIVE ALLA Variante Parziale 06/2013 - Lottizzazione ARAVECCHIA GIULIANA Integrazioni

PUNTI TRATTATI

CAP. 1	INTRODUZIONE	pag. 2
CAP. 2	VERIFICHE DI STABILITA'	pag. 2
CAP. 3	RIVALUTAZIONE DEL PROFILO VS	pag. 8

Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione integrativa con lo scopo di rispondere alle osservazioni e prescrizioni elevate dal Servizio Pianificazione urbanistica territoriale e cartografica della Provincia di Modena, riportate nel *parere ai sensi dell'art 5 della L. R. 19 del 30-10-2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico"*.

Variante parziale al PRG Giugno 2013 e microzonazione sismica prot. com n. del 30/01/2013 – prot. Prou Modena n. 11650 del 05/02/2013, Class. 07.04.05 – fasc. 2139,
quali:

- Verifiche di stabilità
- Rivalutazione del profilo VS con altra tecnica

Per ogni altra informazione non contenuta nella presente nota si rimanda alla precedente relazione, del 06.09.2012.

Cap. 2 VERIFICHE DI STABILITA'

2.1 Inquadramento dell'area

Come ricordato nella precedente relazione l'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, in un'area storicamente stabile, al confine con la zona residenziale.

Nei dintorni del sito non è indicata la presenza di frane da nessuna carta tematica, comprese la carta del dissesto PTCP e la Carta Geologica Regionale. Quest'ultima anzi inserisce il lotto su terreni rocciosi affioranti - *Formazione di Monte Venere (MOV)*:

Fig.1 - CARTA DEL DISSESTO PTCP MODENA

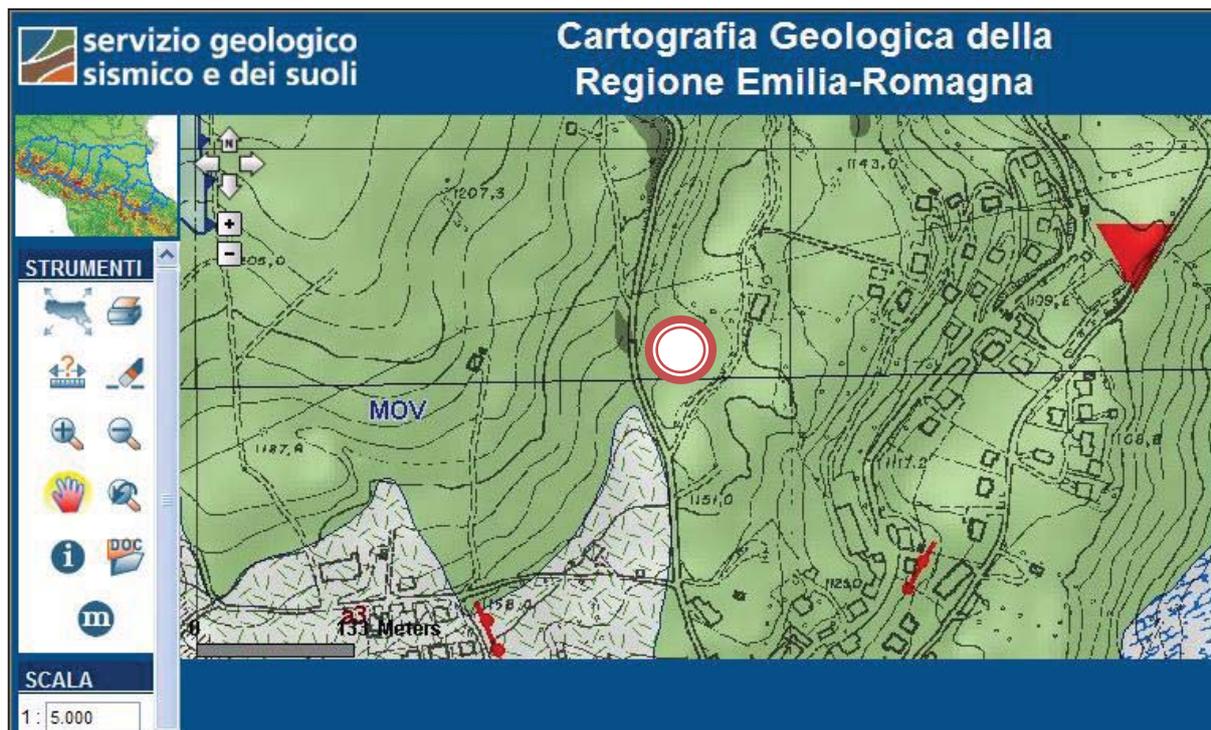


Fig.2 - CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000

LEGENDA

Coperture quaternarie (10K)	
	a3 - Deposito di versante s.l.
Unità geologiche (10K)	
	MOV - Formazione di Monte Venere



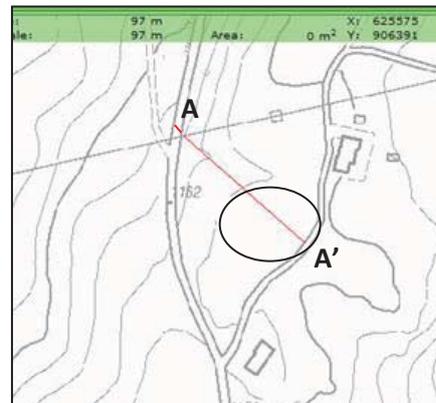
Il quasi millenario archivio parrocchiale (*Abbazia di Frassinoro dal 1071*) non riporta nessuna notizia in merito anche perché il lotto si trova in un'area pianeggiante. Tale sito è infatti conosciuto dai Frassinoresi come : "*Campo sportivo vecchio*", visto che fino agli anni '40 veniva utilizzato come campo da calcio e per altre manifestazioni (si veda foto 1).

Foto 1 – area di variante



2.1 Verifica numerica in condizioni dinamiche

Sulla base della geometria del pendio, la profondità del substrato, la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni identificati dai rilievi diretti, dalle prove indicate nella precedente relazione e da numerosissime prove pregresse eseguite dallo scrivente nei dintorni del sito, è stata eseguita una verifica di stabilità in condizioni dinamiche, con il metodo di Sarma, relativamente alla pendice compresa tra l'area di Variante e la strada comunale.



Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_j agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

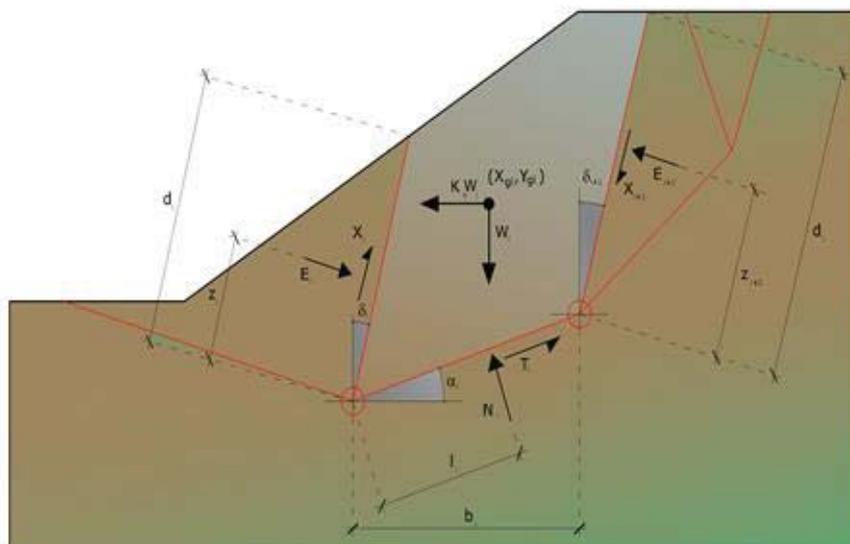
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_j = 0$$

$$\sum \Delta X_j = 0$$

dove E_j e X_j rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha'_i) + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \quad \text{Accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \quad \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura. È stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)

Zona	Frassinoro
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione non drenata
Falda	Piano campagna

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	38.35 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	1182.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	79.65 m
Ordinata vertice destro superiore ys	1199.28 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.50
Coefficiente azione sismica verticale	0.25

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0.0	1153.0
2	48.0	1152.0
3	76.0	1157.0
4	101.0	1162.0
5	108.0	1162.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1150.0
2	48.0	1150.0
3	76.0	1154.0
4	101.0	1161.0
5	108.0	1162.0
6	108.0	1162.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	0.15
Coesione non drenata	0.59

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	Prof.
1	0.15	0.59	24.3	1850.00	2100.00	3.10		0 - 3 m
2	0.41	1.32	31.1	2000.00	2200.00	6.50		>3m

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato

3.91

Ascissa centro superficie

69.32 m

Ordinata centro superficie

1191.78 m

Raggio superficie

38.18 m

xc = 69.324 yc = 1191.778 Rc = 38.178 Fs = 3.91

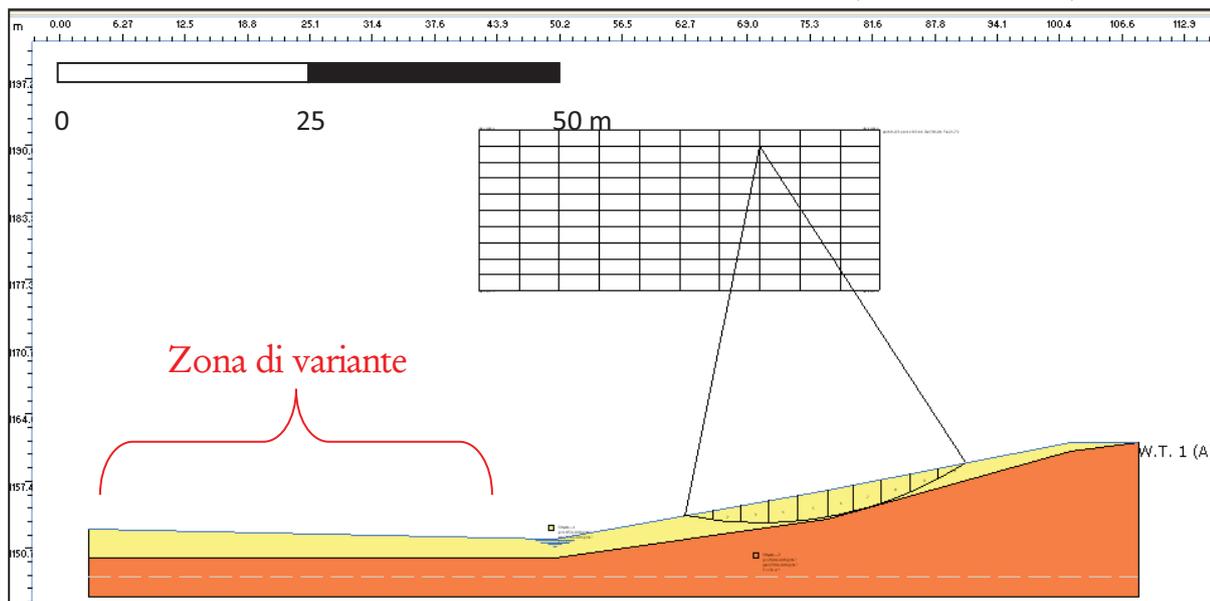
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	2.88	-9.64	2.92	2819.6
2	2.88	-5.26	2.89	7552.25
3	2.88	-0.95	2.88	11115.38
4	2.88	3.36	2.88	13524.57
5	3.0	7.79	3.02	15408.57
6	2.75	12.19	2.82	14352.6
7	2.88	16.55	3.0	14144.12
8	2.88	21.11	3.08	11990.1
9	2.88	25.84	3.2	8413.98
10	2.88	30.73	3.35	3251.43

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	-696.02	5094.74	0.0	0.0	4554.53	5820.23	0.0
2	-1803.35	8567.83	-696.02	5094.74	9287.12	6414.1	0.0
3	-2524.81	9977.95	-1803.35	8567.83	11950.03	6756.34	0.0
4	-2883.69	9405.91	-2524.81	9977.95	13497.56	6975.58	0.0
5	-2923.36	7056.69	-2883.69	9405.91	14582.1	7379.96	0.0
6	-2731.16	3797.28	-2923.36	7056.69	13018.4	6799.14	0.0
7	-2370.29	-24.55	-2731.16	3797.28	12291.59	7023.83	0.0
8	-1835.51	-3125.23	-2370.29	-24.55	9650.06	6810.59	0.0
9	-1172.3	-3914.63	-1835.51	-3125.23	5490.92	6444.08	0.0
10	0.0	0.0	-1172.3	-3914.63	-1042.12	5820.95	0.0

Accelerazione critica (kc).../g Kc=0.501
Accelerazione critica (kc)...=4.915 m/sec²

FIG. 3 – SUPERFICIE A FATTORE MINIMO $F_s = 3.91$ (su 217 calcolate)

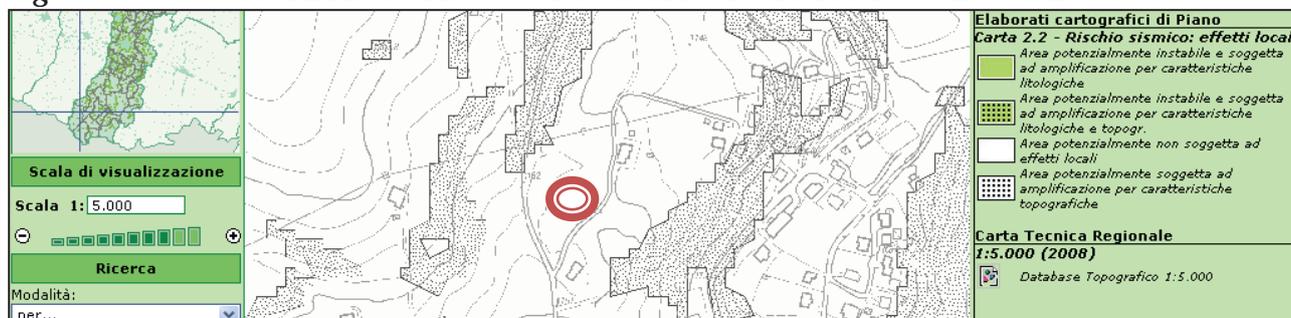


Le verifiche eseguite confermano che l'area di variante si trova in condizione di stabilità.

Cap. 3 RIVALUTAZIONE DEL PROFILO DI VS CON ALTRA TECNICA

Premesso che secondo il PTCP il lotto esaminato ricade in una zona classificata come “Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali”, come richiesto dalle osservazioni elevate dalla Provincia di Modena si fornisce un nuovo report sismico basato su una specifica prospezione con tecnica MASW (quello precedente era stato eseguito con tecnica HVSR).

Fig.4 – CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DEGLI EFFETTI LOCALI PTCP



REPORT MASW, PIASCANETI

Inizio registrazione: 07/08/13 17:05:01 Fine registrazione: 07/08/13 17:24:56

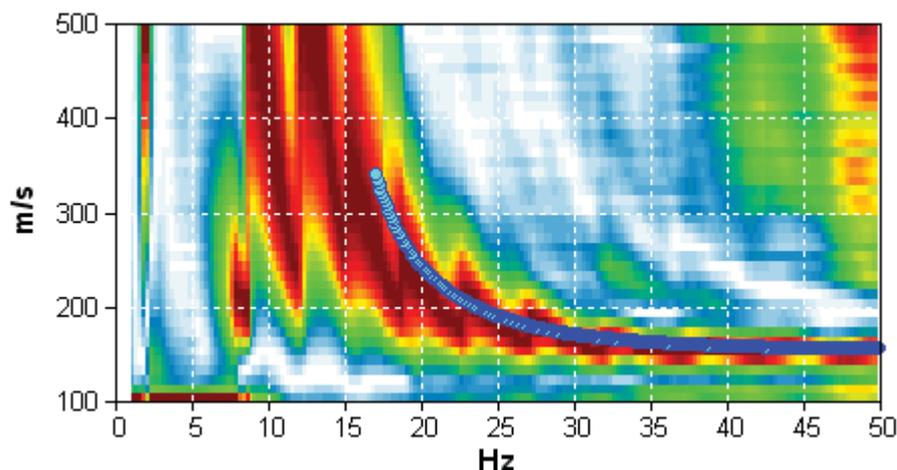
Analizzato 96% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 1024 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ;
 B9 ; B10 ; B11 ; B12

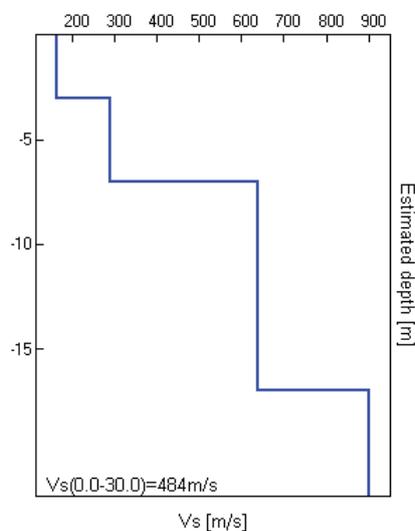
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.00	3.00	165	0.35
7.00	4.00	290	0.35
17.00	10.00	640	0.35
inf.	inf.	900	0.35

$$V_s(0.0-30.0) = 484 \text{ m/s}$$



In conclusione, dall'analisi delle Vs30 misurate con il sismografo, si ottiene un suolo con:

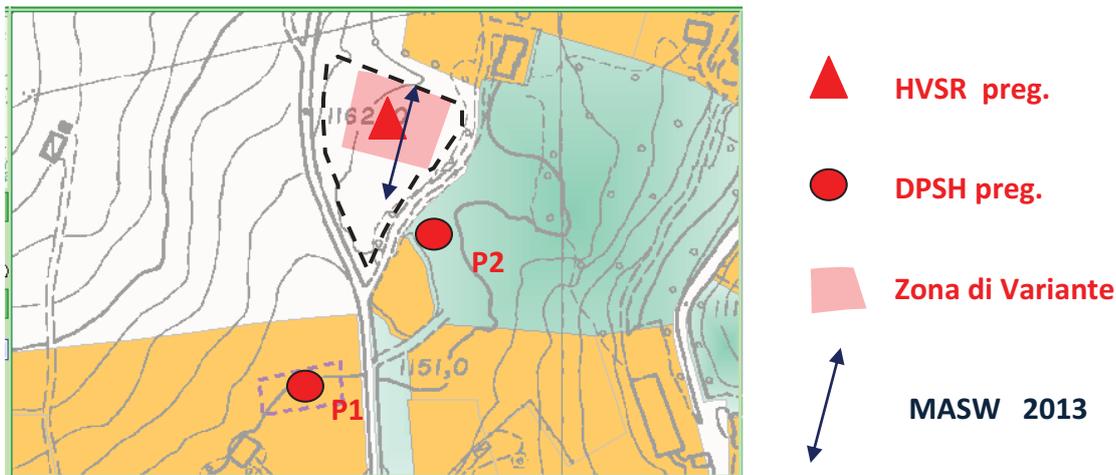
$$Vs_{30} = 458 \text{ m/s.}$$

Ai sensi del D. M. 14/01/2008 (norme tecniche per le costruzioni) e della Circolare C.S.LL.PP. 2/2/2009 n.617, si conferma l'appartenenza del terreno di fondazione esaminato alla categoria B:

categoria "B" Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti con $360 \text{ m/s} < Vs_{30} < 800 \text{ m/s}$ (ovvero resistenza penetrometrica $N_{spt} > 50$ o coesione non drenata $c_u > 250 \text{ Kpa}$).

Dove il coefficiente di amplificazione stratigrafica vale: **Ss = 1.2**

FIG. 5 UBICAZIONE SONDAGGI scala 1:5000



DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
SCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

Si rilascia l'assenso per l'uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.

<i>Domanda</i>	n. 037
<i>Richiedente</i>	Ferrari Don Luigi
<i>Foglio</i>	55
<i>Mappali</i>	23
<i>Tavola PRG</i>	5.6

RICHIESTA DI VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI FRASSINORO IN LOCALITA' MADONNA DI PIETRAVOLTA



RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA INTEGRAZIONI

Committente:

PARROCCHIA DI SANTA LUCIA V.e M.
Via Fontanaluccia,18
FRASSINORO (MO)

Villa Minozzo, lì agosto 2013



1. PREMESSA

A seguito della richiesta di integrazioni da parte del comune di Frassinoro (prot. N. 2996 del 30/07/2013) è stato eseguito un approfondimento degli aspetti sismici e della stabilità di un'area posta in località Madonna di Pietravolta (comune di Frassinoro, MO) ai fini dell'approvazione di una variante al PRG comunale.

Facendo riferimento all'allegato A della delibera di G.P. n° 198/2013 sono stati prodotti gli approfondimenti di III livello di cui alla DAL 112/2007 e le verifiche di stabilità del pendio posto ad Ovest dell'area di variante.

A tal fine è stata quindi eseguita una nuova campagna di indagini, costituita da prove di tipo geofisico la cui ubicazione è riportata in fig. 1. I risultati delle nuove indagini sono stati integrati ai dati già in possesso, in particolare quelli provenienti dallo studio effettuato per conto della provincia di Mo¹.

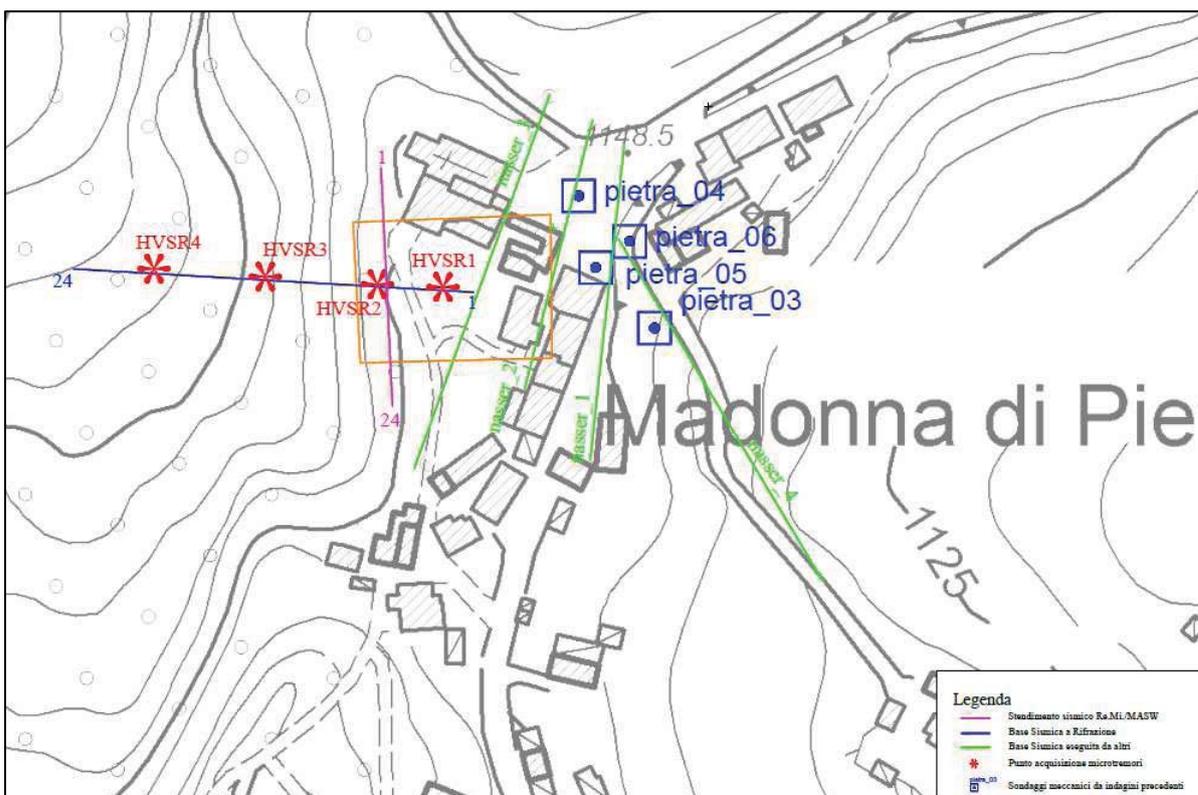


Figura 1: Ubicazione indagini

Le nuove indagini sono rappresentate da:

- N° 1 tomografia sismica
- N° 1 prospezione sismica integrata Masw/Remi
- N°4 misure di microtremori

Per la descrizione delle metodologie utilizzate si rimanda all'allegato rapporto tecnico redatto dal dott. Stefano Gilli che ha ne curato l'esecuzione e l'interpretazione.

¹ PROVINCIA DI MODENA, AREA LAVORI PUBBLICI, SERVIZIO GEOLOGICO (2008): "Piano degli interventi urgenti di messa in sicurezza del territorio dei comuni di Frassinoro e Montefiorino (MO) - O.P.C.M. 3510/2006 - Seconda rimodulazione. Lavori per interventi di consolidamento della s.p. 32, nella parte sommitale del versante, primo stralcio e interventi di drenaggio e indagini geognostiche sul versante del torrente Dragone in località Madonna di Pietravolta in comune di Frassinoro (Mo)".

2. INDAGINI GEOFISICHE

a. PROFILO DI VS

Dall'elaborazione dello stendimento sismico Masw/Remi è stato ricavato il seguente profilo di velocità delle onde di taglio Vs

Tabella 1: Profilo di Vs

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Vs (m/sec)
1 ÷ 4	3	380
4 ÷ 7	3	610
7 ÷ 14	7	730
14 ÷ 29	15	790
29 ÷ 31	2	840

La definizione del valore Vs30, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è calcolata mediante la relazione:

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

dove:

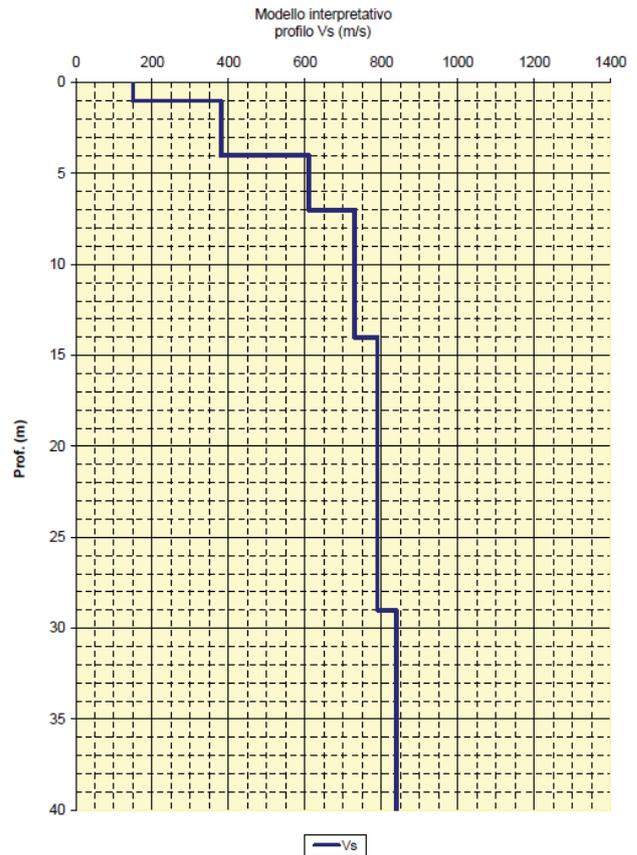
hi = spessore dello strato iesimo, m
 vi = velocità onde di taglio strato iesimo, m/sec

ottenendo:

$$Vs_{30} = 685 \text{ m/s}$$

Dalle parametrizzazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza sismotecnica risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, sono attribuibili a:

Categoria B: 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 NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).



b. TOMOGRAFIA SISMICA

Dal profilo in tomografia sismica si identifica la seguente situazione sezione sismo-stratigrafica:

- unità areata superficiale: è identificata da velocità di propagazione delle onde di compressione $V_p < 800 \div 1000$ m/sec; spessore circa $4 \div 5$ m con andamento subparallelo alla superficie topografica.
- Unità del substrato alterato: è identificata da $V_p = 1000 \div 1800 \div 2000$ m/sec, con spessore variabile tra 3 e $4 \div 5$ m, riscontrabile in genere sino a $-8 \div -10$ m p.c., è correlabile a materiali a medio grado di addensamento;
- Unità del substrato: è contraddistinto da $V_p > 2000$ m/sec ed è correlabile a litotipi ad elevato grado di addensamento.

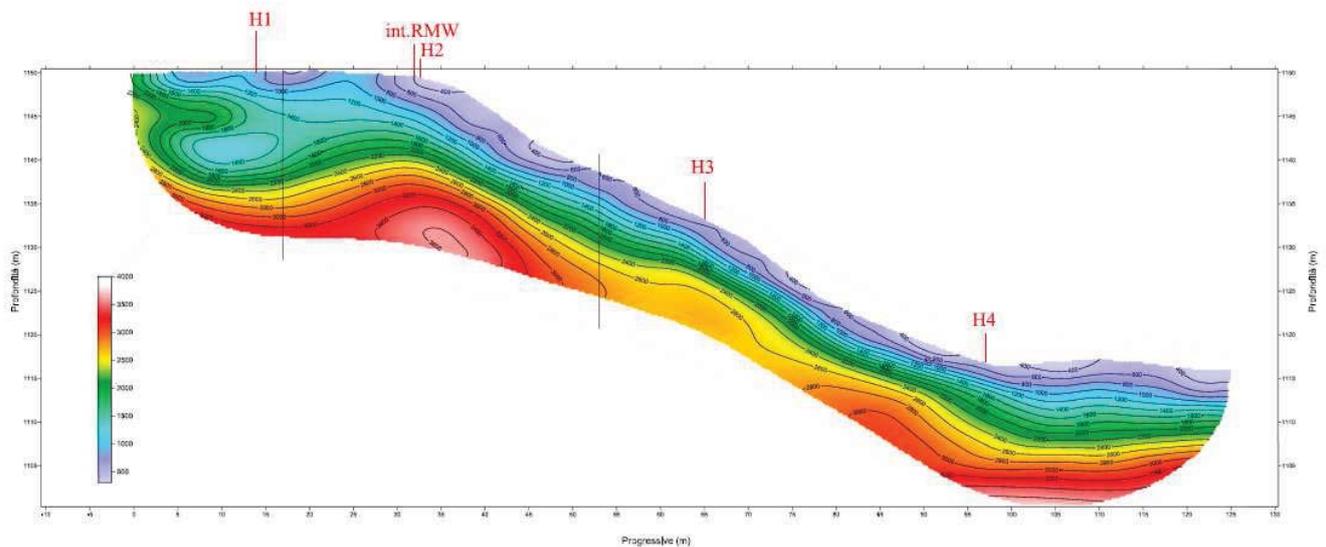


Figura 2: Tomografia sismica

c. MICROTREMORI

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle schede "Indagine HVSR" contenute nel rapporto allegato.

Dall'esame dei dati risultano picchi di amplificazione con frequenza corrispondente a:

H01 - $f_0 = 4,35$ Hz

H02 - $f_0 = 18$ Hz

H03 - $f_0 = 5,1$ Hz

H04 - $f_0 = 1,2$ Hz

3. ANALISI DI TERZO LIVELLO

E' noto che la risposta sismica in superficie è diversa da quella del substrato roccioso (bedrock), usualmente identificato da valori di $V_s > 800$ m/sec. Le coperture possono infatti amplificare il moto sismico atteso al bedrock; la valutazione di questi cambiamenti, che si esplicano tramite variazioni in ampiezza e frequenza del segnale sismico, è lo scopo della microzonazione (o risposta sismica locale-RSL).

Le modificazioni del moto nel passaggio tra bedrock e superficie (o l'interfaccia tra strati diversi) costituisce l'obiettivo dello studio di Risposta Sismica Locale (RSL) che, note le caratteristiche del terreno e quelle del terremoto atteso nel sito di riferimento, permette di "costruire" lo spettro di risposta in accelerazione, da cui si ricavano anche lo spettro in velocità e in spostamento.

La norma stabilisce che la risposta sismica locale sia effettuata tramite la definizione degli spettri di risposta, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento $\xi=5\%$ e dell'amplificazione espressa in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) e di rapporto di intensità di Housner (SA/SI_0 , con

$$Si = \int_{T1}^{T2} PSV_{\xi=5\%} dT).$$

L'analisi di terzo livello è stata eseguita dal dott. Stefano Gilli, al cui rapporto si rimanda per i dettagli sul metodo utilizzato.

I risultati ottenuti per la definizione della risposta sismica locale, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:

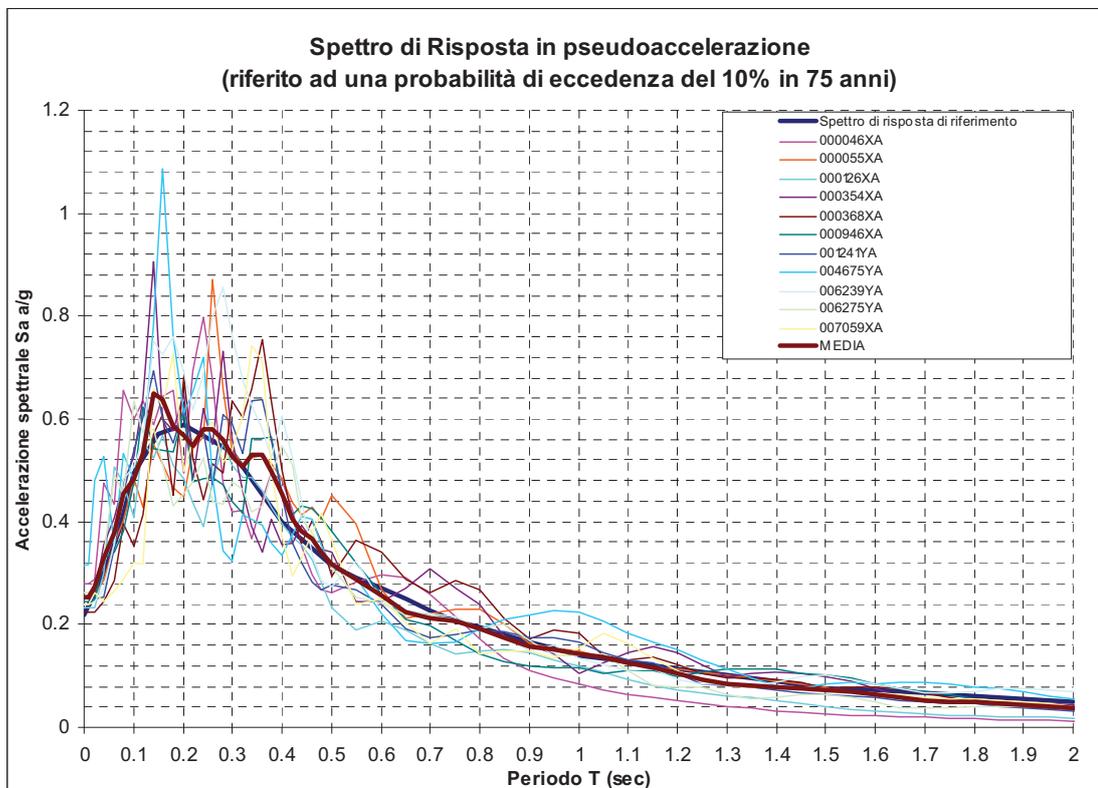


Figura 3: Spettro di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione (PSA) definito mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati al modello sismostratigrafico dell'area in analisi (Linea in grassetto marrone).

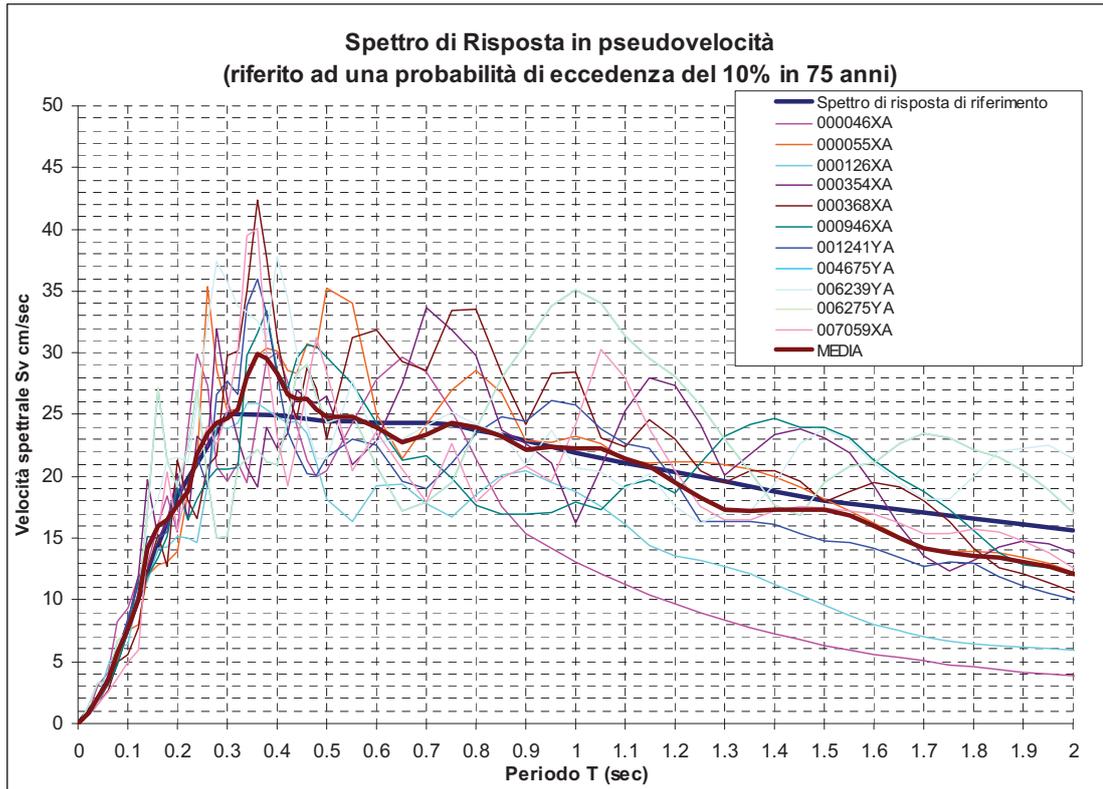


Figura 4: Spettri di risposta in superficie precedentemente visualizzati in termini di pseudovelocità PSV (smorzamento 5%).

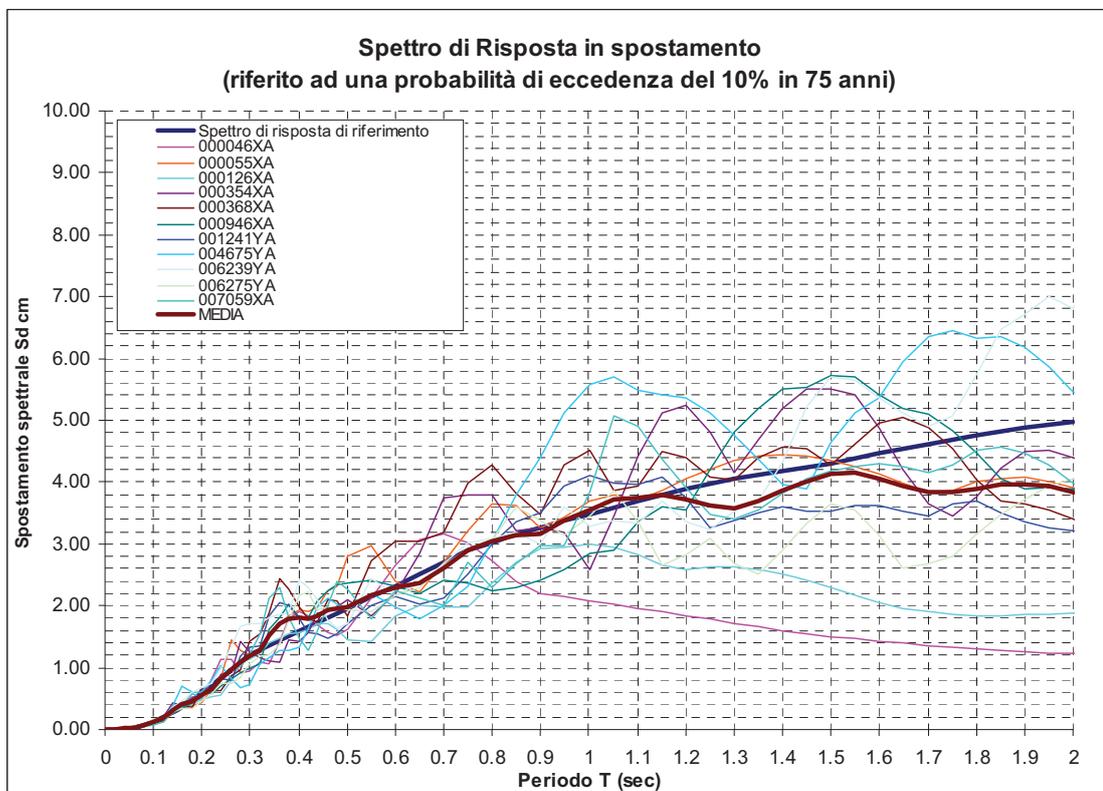


Figura 5: Spettri di risposta in superficie precedentemente visualizzati in termini di spostamento (PSD) (smorzamento 5%).

Esaminando gli spettri di risposta, il sito in esame risulta caratterizzato da uno spettro di risposta in superficie che presenta i valori di picco massimi in corrispondenza dei periodi di $T=0,1-0,2$ sec, corrispondenti a $0,62 - 0,65$ g; lo spettro in velocità, considerato più indicativo per gli effetti di amplificazione a periodo proprio, presenta un massimo nell'intervallo $T=0,3\pm 0,4$ con valore corrispondente a 28 e 30 cm/sec.

Dagli spettri di risposta è possibile ricavare l'amplificazione del moto sismico tra il bedrock e la superficie, nella forma richiesta dalla normativa regionale.

I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle.

Periodo T (sec)	FA IS	Sa media (g)
0 (FA PGA)	1.2	0.254
0,1 – 0,2	1.1	0.58
0,2 – 0,3	1	0.56
0,3 – 0,4	1.1	0.51
0,4 – 0,5	1.1	0.53
0,5 – 0,6	1	0.29
0,6 – 0,7	1	0.23
0,7 – 0,8	1	0.20
0,8 – 0,9	1	0.17
0,9 – 1,0	1	0.15

Periodo T (sec)	Fattore di amplificazione stratigrafico
0 (FA PGA)	1,2
0,1 - 0,5	1,1
0,5 - 1	1

Occorre inoltre definire il fattore di amplificazione topografico basato sulla morfologia locale: l'area di variante è posta in corrispondenza di un rilievo con larghezza in cresta molto inferiore alla base ed altezza superiore a 30 m. La pendenza media del versante a valle dell'intervento è di 28° , ma questa risulta variabile con frequenti superamenti dei 30° . Si è quindi optato di considerare gli effetti di amplificazione topografica come intermedi tra le categorie T3 e T4 del DM 2008, considerando quindi un fattore di amplificazione pari a :

ST = fattore di amplificazione topografica= 1,3

4. VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO

E' stata eseguita la verifica di stabilit  globale del pendio, sia in condizioni statiche che dinamiche. Le verifiche sono state eseguite in conformit  alla vigente normativa (NTC 2008 e s.m.), utilizzando l'approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2) con R2=1,1; ai parametri geotecnici caratteristici sono stati pertanto applicati i fattori di sicurezza parziali previsti dalla normativa. L'analisi di stabilit    stata svolta secondo il metodo di Sarma.

Il livello di sicurezza di un versante   espresso come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile, presa con il suo valore caratteristico e lo sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale.

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m}$$

dove:

τ_s = resistenza al taglio disponibile valutata con parametri caratteristici

τ_m = sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento sotto l'azione dei carichi

Le verifiche sono state eseguite lungo una sezione longitudinale al pendio, passante per la linea tomografica, da cui   stata derivata la litostratigrafia locale. Per la caratterizzazione geotecnica si   fatto invece riferimento ai dati provenienti dalla bibliografia, in particolare alle indagini geotecniche realizzate dalla provincia di Modena nei pressi dell'area di variante.

Il modello geologico-geotecnico utilizzato per le verifiche   il seguente:

Descrizione	Spessore (m)	γ (t/m ³)	c' (kg/cm ²)	ϕ' (�)
Copertura superficiale	4÷5	1,90	0,17	28
Substrato alterato	3÷5	2,20	0,30	32
Substrato	n.d.	2,40	0,40	38

Le verifiche sono state eseguite sia in condizioni statiche (pre-sisma) che dinamiche utilizzando il software Slope di Geostru. E' stata inoltre considerata la presenza di falda a -1 m dal p.c.

Come previsto dalla normativa, la stabilit  del pendio nei confronti dell'azione sismica   stata eseguita con il metodo pseudo-statico. Con tale metodo l'azione sismica   schematizzata secondo un sistema di forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W \quad e \quad F_V = K_v \cdot W$$

Dove:

- FH e FV sono rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W: peso concio
- Ko: Coefficiente sismico orizzontale
- Kv: Coefficiente sismico verticale.

L'accelerazione massima utilizzata per il calcolo dell'azione sismica   quella ricavata dall'analisi di risposta sismica locale ($a_{max}=0,254$), da cui derivano i coefficienti sismici orizzontali ($K_h=0,092$) e verticale ($k_v=0,046$).

I risultati ottenuti sono riportati in forma grafica nelle figure che seguono e riassunti nella tabella seguente, dove   indicato, per ciascuna delle verifiche effettuate, il fattore di sicurezza minimo. Secondo la norma il grado

di sicurezza accettabile è definito dal progettista sulla base del grado di conoscenza del pendio. In genere si considerano condizioni di sicurezza quando $FS \geq 1,30$.

Verifica	FS pre-sisma	FS sisma
1	1,23	1,01
2	1,35	1,06
3	1,44	1,15
4	1,43	1,15
5	1,45	1,12

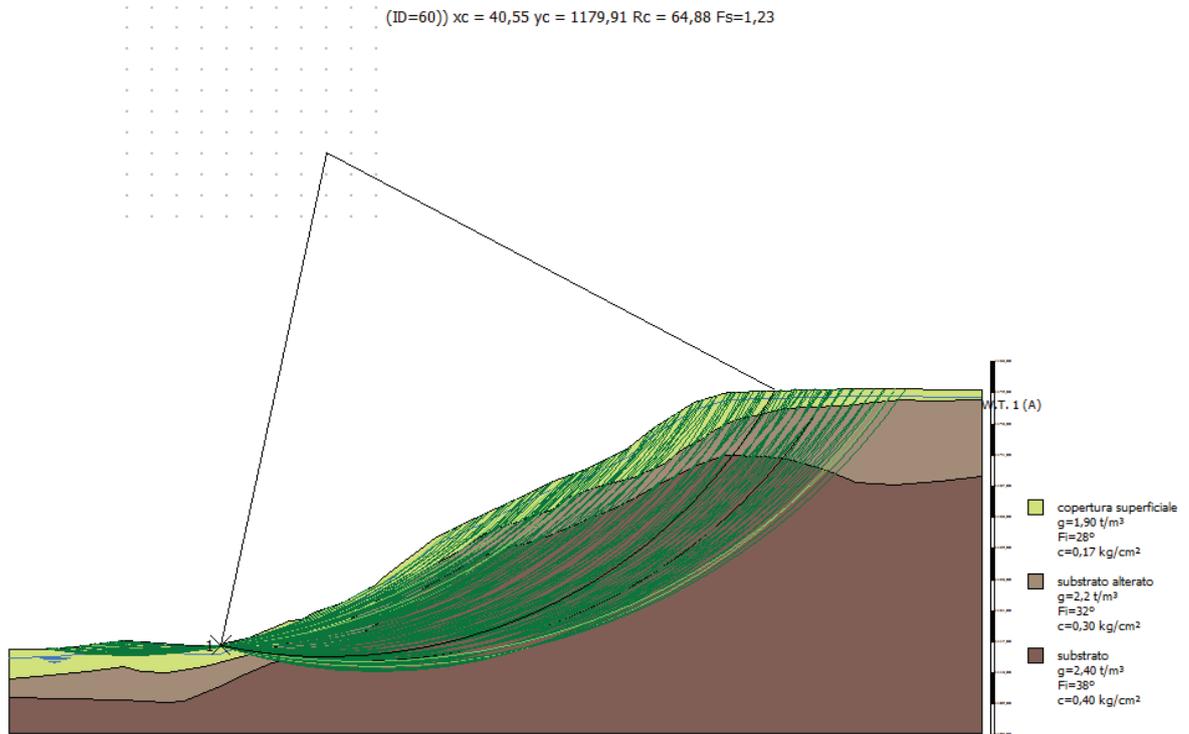
Le verifiche indicano quindi condizioni di stabilità in sicurezza ($FS > 1,3$) in assenza di sisma mentre in condizioni dinamiche si evidenziano condizioni stabili ma non in sicurezza ($1 \leq FS \leq 1,3$). L'eventuale edificazione in prossimità della scarpata dovrà pertanto essere accompagnata da interventi di messa in sicurezza del pendio.

Villa Minozzo, agosto 2013

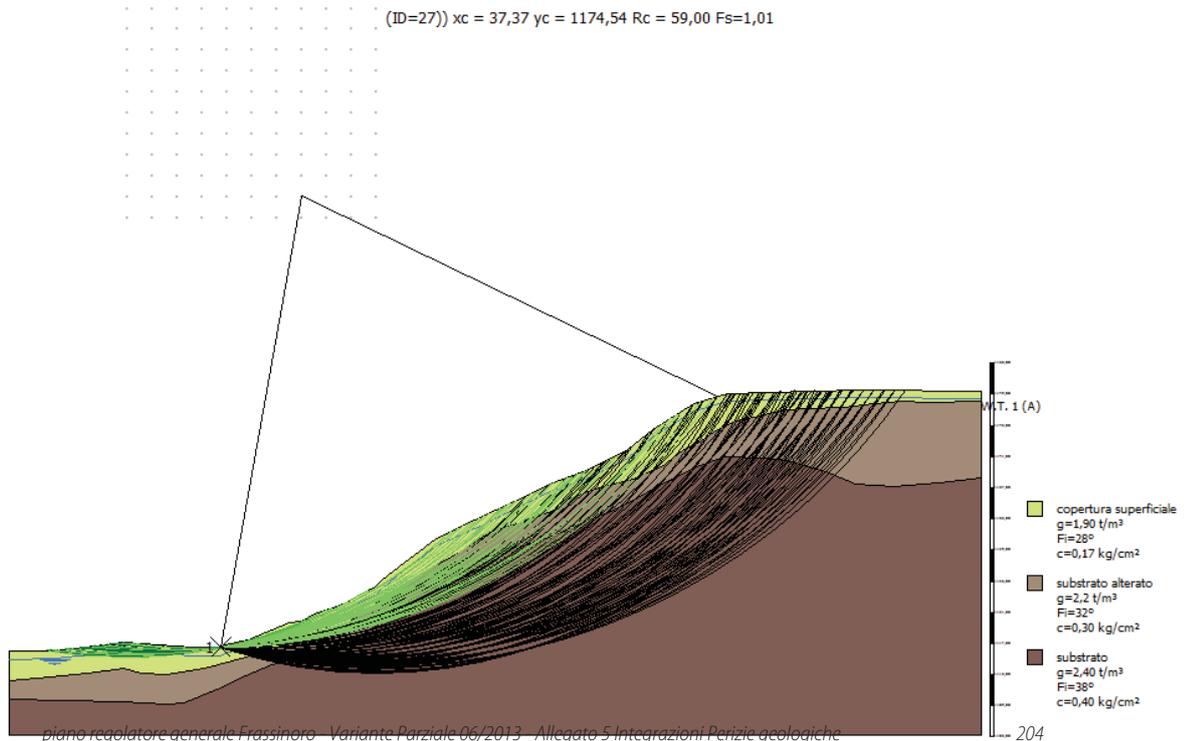
Il tecnico incaricato
Geol. Patrizia Tincani



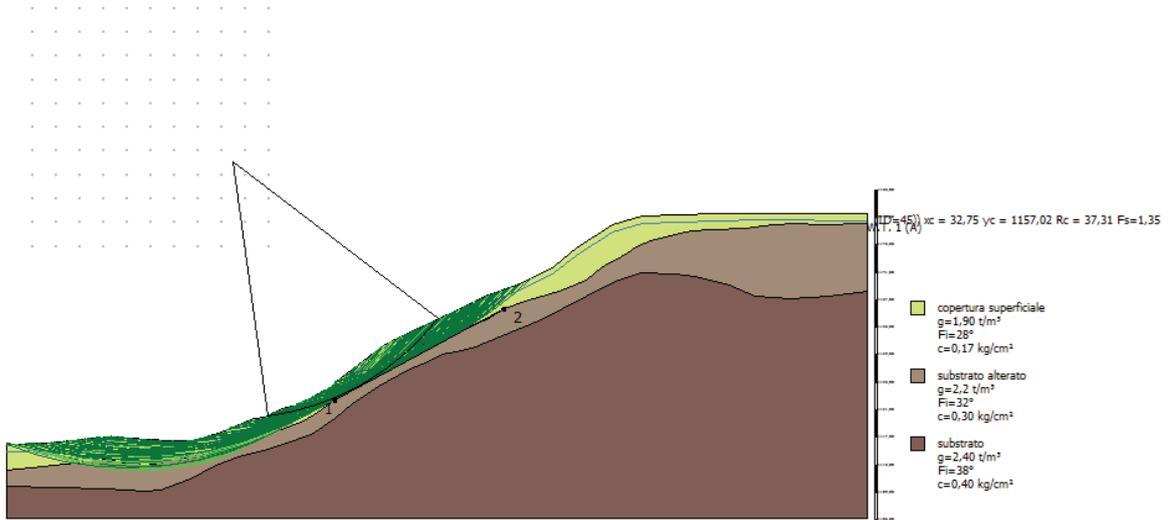
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°1 - PRE-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto



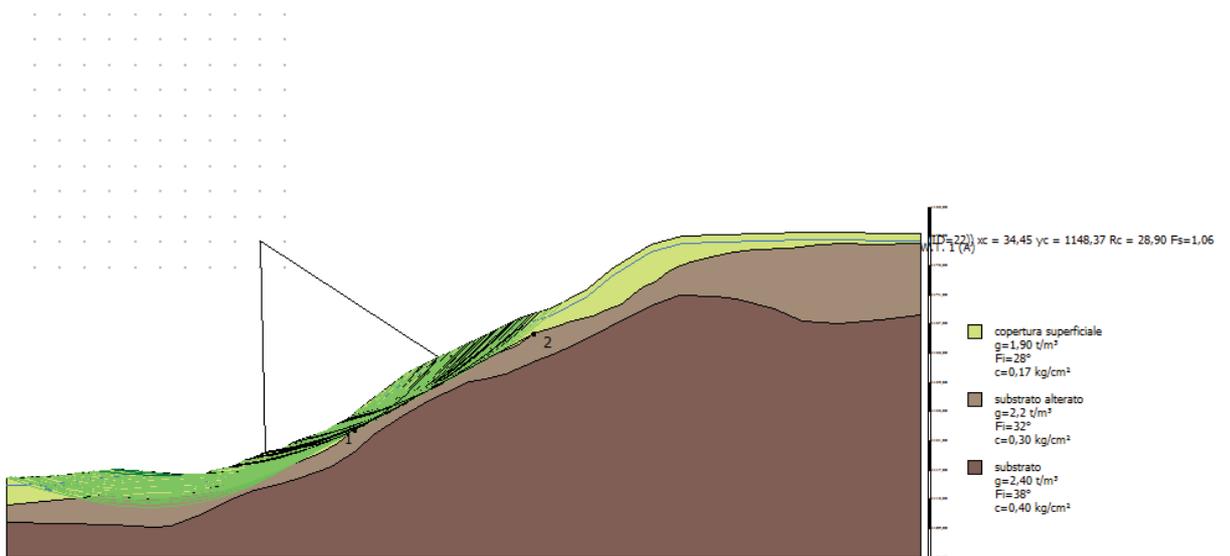
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°1 - SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto



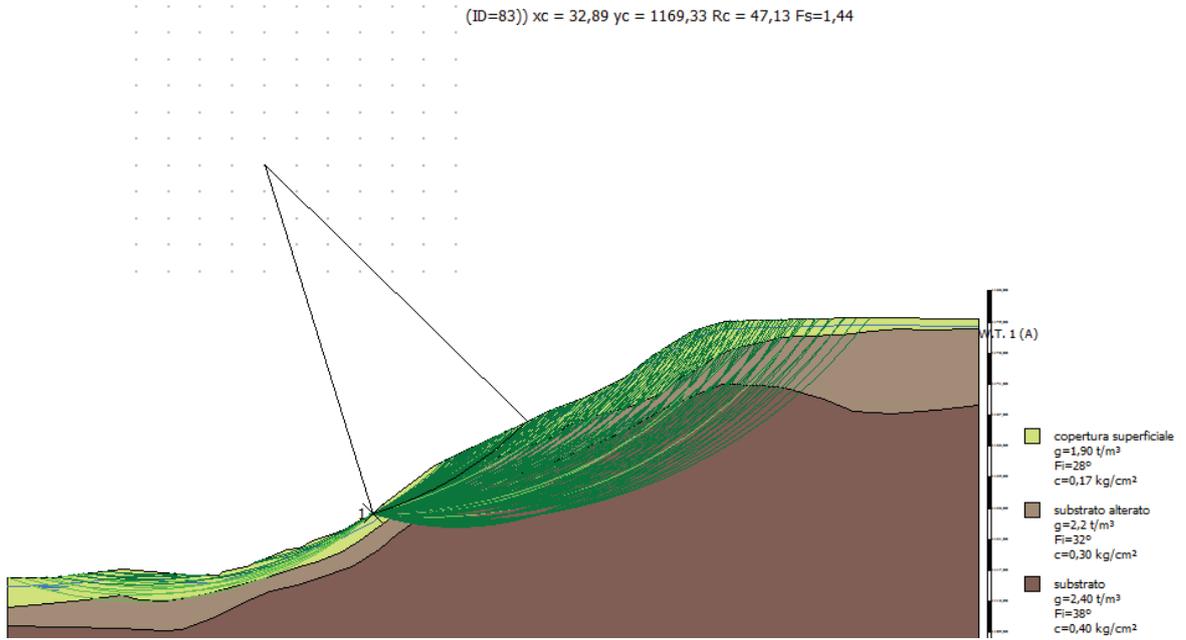
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°2 - PRE-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare tangente ad una retta



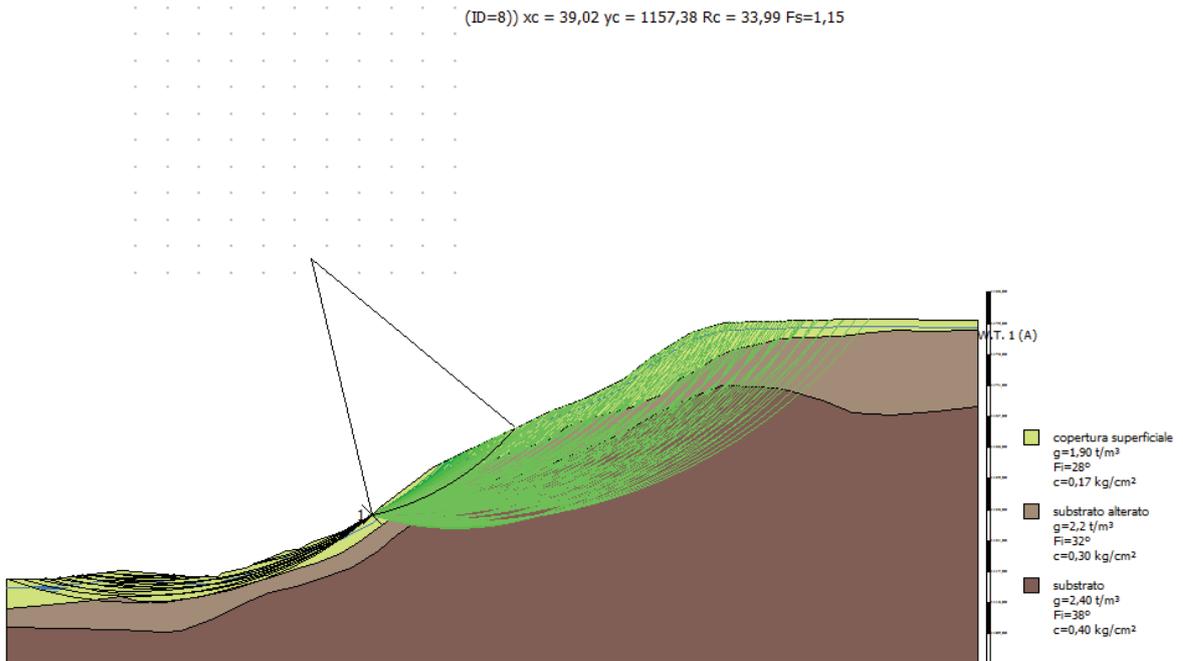
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°2 - SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare tangente ad una retta



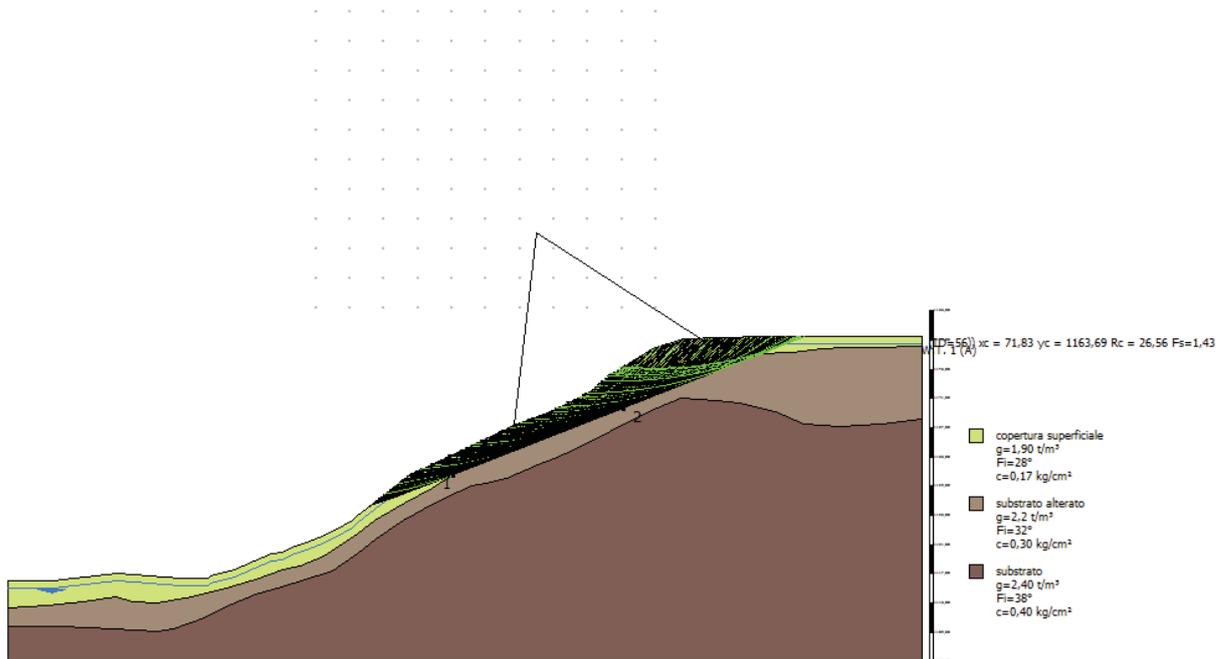
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°3- PRE-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto



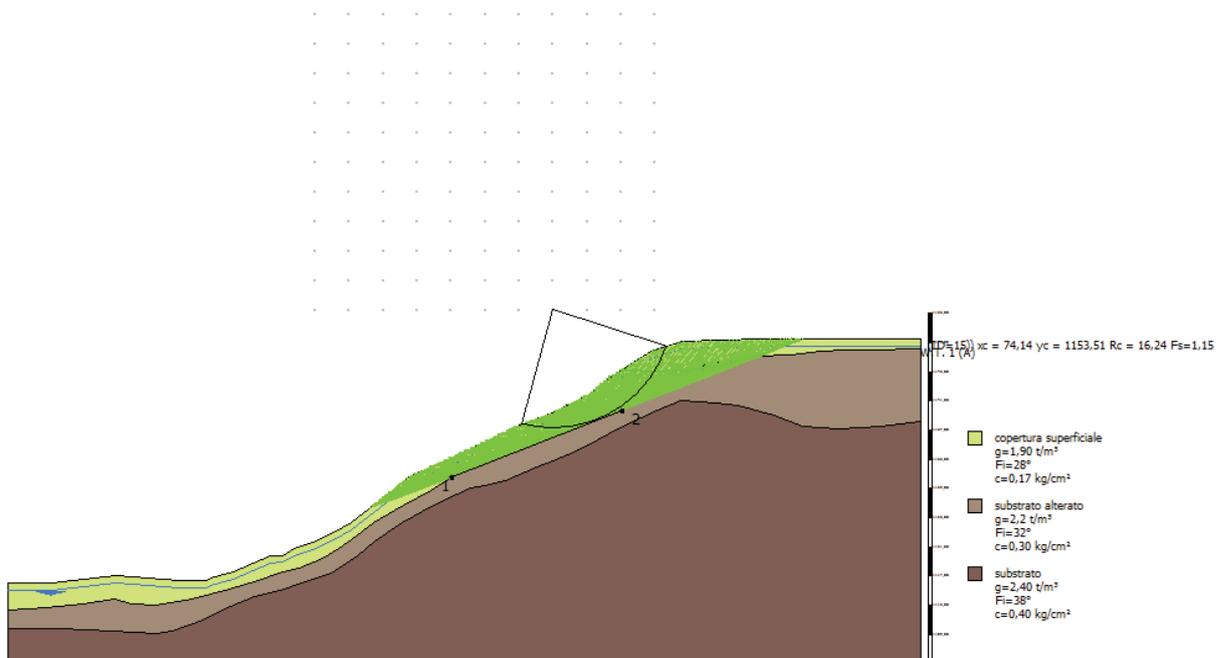
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°3-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto



VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°4 - PRE-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare tangente ad una retta

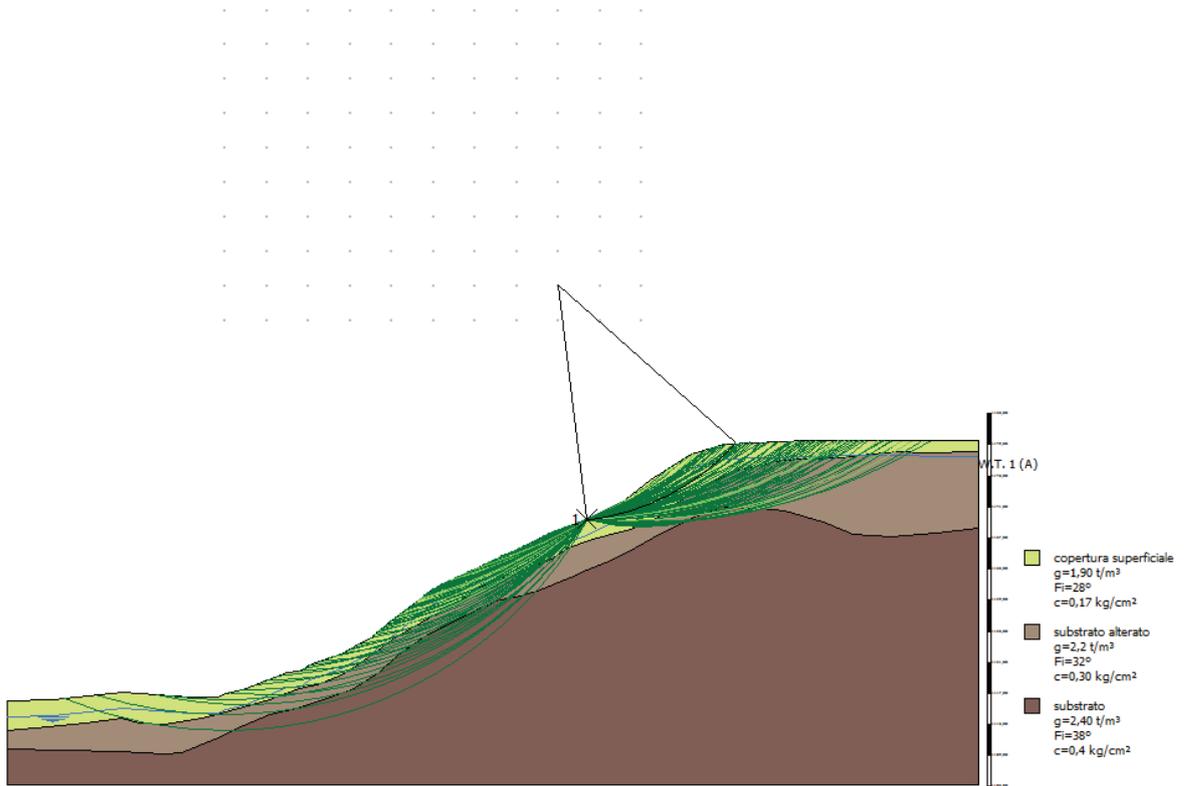


VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°4 - SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare tangente ad una retta



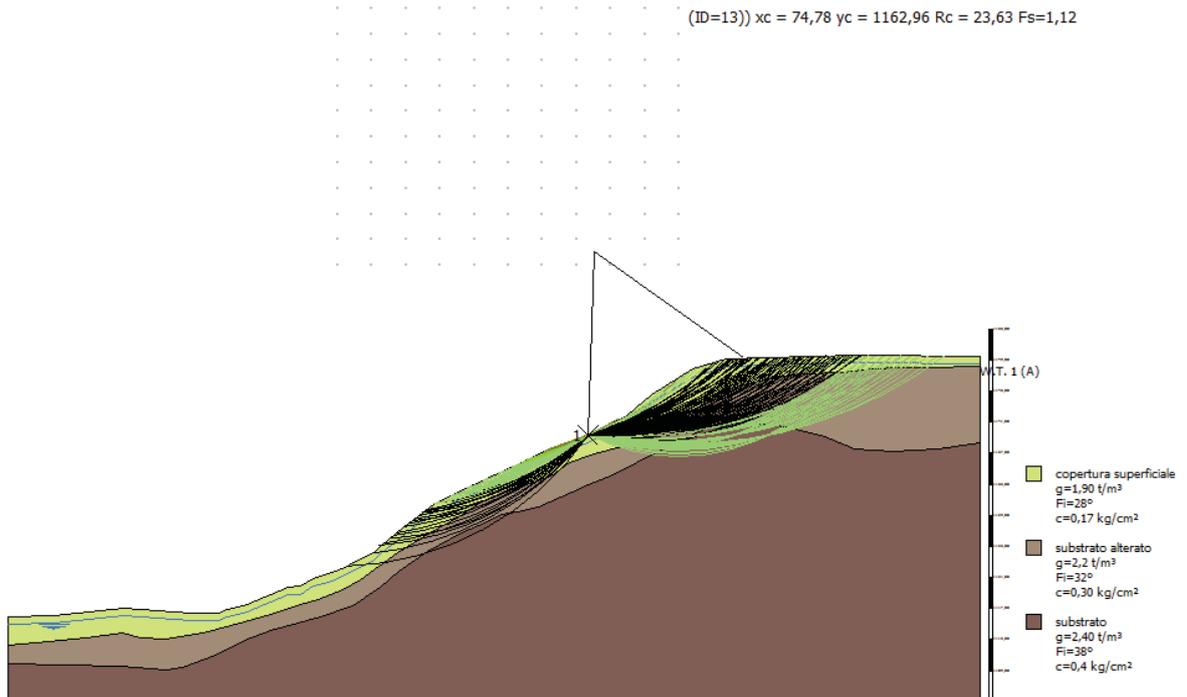
VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°5 - PRE-SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto

(ID=32)) xc = 70,41 yc = 1169,60 Rc = 30,48 Fs=1,45



VARIANTE PRG FRASSINORO IN LOC. MADONNA DI PIETRAVOLTA
 VERIFICA DI STABILITA' n°5 - SISMA
 falda -1 m p.c.
 sup. circolare passante per un punto

(ID=13)) xc = 74,78 yc = 1162,96 Rc = 23,63 Fs=1,12



Studio di Geologia e Geofisica**Dr. Geol. Stefano Gilli**

V. Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)
Tel. 0522 684619 - Cell. 0335 5893791
e-mail: gillistefano@libero.it
C.F. GLLSFN70D29G337Y
P.I. 01776120352

Provincia di: **Modena**
Comune di: **Frassinoro**
Località: **Madonna di Pietravolta**
Data: **Agosto 2013**

Committente:**Dr. Geol. Patrizia Tincani**

(Villa Minozzo - RE)

Progetto:

**INDAGINE GEOFISICA PER LA DETERMINAZIONE DELLE
CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA OGGETTO DI VARIANTE AL
PRG IN LOCALITA' MADONNA DI PIETRAVOLTA - FRASSINORO, MO**

**RELAZIONE TECNICA E DETERMINAZIONE
DELL'AZIONE SISMICA**

Dott. Geol. Stefano Gilli

Rel. 205/13

COMUNE DI FRASSINORO**CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DI UN'AREA
SITA A MADONNA DI PIETRAVOLTA, FRASSINORO, MO****Dr. Geol. Patrizia Tincani – Villa Minozzo, RE****INDICE**

INTRODUZIONE	1
MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	2
Inquadramento topografico	2
AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	2
PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA / PASSIVA (MASW / Re.Mi.)	4
Identificazione categoria suolo di fondazione	5
FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICO LOCALE	7
Fattore di amplificazione topografico	7
ANALISI DI TERZO LIVELLO	7
Risposta sismica locale	7
Calcolo degli effetti di sito	8
Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	10
ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR	12
PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	13
Caratteristiche strumentazione utilizzata	13
Possibilità e limitazioni della prospezione sismica.....	14
Elaborazione e interpretazione delle basi sismiche.....	15
CONSIDERAZIONI D'INSIEME PROSPEZIONE GEOFISICA.....	16

ALLEGATI

UBICAZIONE AREA	TAV. 1
UBICAZIONE INDAGINI	TAV. 2

SCHEDE:

- STENDIMENTO SISMICO A RIFRAZIONE
- SCHEDA REMI
- SCHEDA HVSR

INTRODUZIONE

Nell'ambito delle analisi finalizzate alla caratterizzazione d'insieme del versante in località Madonna di Pietravolta – Frassinoro (MO), oggetto di richiesta di Variante al PRG comunale con la possibilità di realizzare un ampliamento del complesso degli edifici costituenti il Santuario della Beata Vergine di Pietravolta in particolare degli spazi utilizzati come convento, casa di preghiera e luogo per ritiri ed esercizi spirituali.

Dette indagini si sono articolate nell'esecuzione in uno stendimento sismico a rifrazione con rilevazione della velocità delle onde di compressione (onde P), eseguito lungo la linea di massima pendenza del versante ad ovest dell'area di variante, una prospezione con tecnica integrata attiva/passiva Re.Mi./MASW per la rilevazione della velocità delle onde di taglio (onde S) nell'area di intervento e l'esecuzione di 4 acquisizioni di microtremori successivamente interpretati con tecnica HVSR.

Le indagini effettuate su commissione di **Dr. Geol. Patrizia Tincani – Villa Minozzo - Reggio Emilia**, sono state redatte in conformità alle metodiche in materia di indagini geofisiche.

Il presente rapporto tecnico espone le procedure operative adottate ed i risultati ottenuti dalle indagini con metodo sismico a rifrazione eseguite.

MODELLAZIONE SISMICA – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE***Inquadramento topografico***

Le coordinate geografiche (ellissoide ED50) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

$$10.53162 \div 44.25963$$

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 14-01-08)

AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO***DM 14/01/2008***

Sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC di cui al D.M. 14/01/08, per l'area in esame, considerando, strutture di classe III (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 1,5$; $V_r = 75$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
SLO	45	0.074	2.440	0.257
SLD	75	0.093	2.435	0.264
SLV	712	0.217	2.414	0.294
SLC	1462	0.271	2.435	0.306

dove:

SLO = Stato limite di operatività; $P_{vr} = 81\%$

SLD = Stato limite di danno; $P_{vr} = 63\%$

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; $P_{vr} = 10\%$

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; $P_{vr} = 5\%$

a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo

F_0 = fattore di amplificazione

T_c = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

D.A.L. R.E.R. 112/2007

Il valore della a_g di riferimento, con probabilità di eccedenza dell'evento sismico del 10% in 50 anni, riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n°112/2007, per il comune di Frassinoro, corrisponde a

$$a_{refg} = 0,178 g$$

PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA / PASSIVA (MASW / Re.Mi.)

In riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale: D.M. 14/01/2008, per determinare la categoria del suolo di fondazione, è stata eseguita una prospezione geofisica con metodo integrato attivo - passivo (MASW/Re.Mi.), per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Le prospezioni sono state effettuate con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2 m per una lunghezza totale di stendimento di 46 m.

Nella procedura del “metodo attivo” le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza variabile.

Il procedimento del “metodo passivo” presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo (fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell’andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento.

Nell’esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono (“Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l’acquisizione dei microtremori ambientali sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L’elaborazione del segnale consiste nell’operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale “*slowness-frequency*” (*p-f*) che analizza l’energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico *p-f*. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un “picking”, attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o $1/\text{velocità di fase}$) ed ottenere una “curva di dispersione”.

Quest’ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata a partire da un modello di V_s che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede “indagine MASW-Re.Mi.”, riportante lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

Identificazione categoria suolo di fondazione

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate denotano che i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti il piano di posa delle fondazioni, sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Stendimento sismico MASW/ Re.Mi.

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	V_s (m/sec)
1	1 ÷ 4	3	380
2	4 ÷ 7	3	610
3	7 ÷ 14	7	730
4	14 ÷ 29	15	790
5	29 ÷ 31	2	840

Tab. a1

La definizione del valore V_{s30} , velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è calcolata mediante la 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:

$$\text{MASW/ Re.Mi. } V_{s30} = 685 \text{ m/s}$$

Dalle parametrizzazioni sopra esposte e dall'analisi della sequenza sismotecnica risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, sono attribuibili a:

- **Categoria B:** 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 V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICO LOCALE

Fattore di amplificazione topografico

L'area si ubica in corrispondenza di un rilievo con larghezza in cresta molto inferiore alla base ed altezza superiore a 30 m. La pendenza media del versante a valle dell'intervento risulta corrispondente a 28°, ma questa risulta variabile con frequenti superamenti dei 30°. Si è quindi optato di considerare gli effetti di amplificazione topografica come intermedi tra le categorie T3 e T4 del DM 2008 considerando un fattore di amplificazione corrispondente a:

$$S_T = 1,3$$

ANALISI DI TERZO LIVELLO

Risposta sismica locale

Per determinare gli effetti della risposta sismica locale è stato utilizzato un modello di calcolo monodimensionale multistrato continuo, nel quale ogni sismostrato è considerato omogeneo ed isotropo con comportamento viscoelastico-lineare.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Shake (Idriss and Sun, 1992)*, simula il modo di propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico deformabile, orizzontale, ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

Tali condizioni, in rapporto all'energia generata dagli shock sismici ed alle lunghezze ed ampiezze d'onda originate dagli stessi, sono soddisfatte dalle condizioni litostratigrafiche presenti nell'ambito territoriale in oggetto.

I dati di ingresso richiesti dal sopraddetto codice di calcolo sono: numero degli strati, spessore, densità, modulo di taglio massimo iniziale (G_0), rapporto di smorzamento iniziale (D_0), legge di variazione normalizzata del modulo di taglio e del rapporto di smorzamento in funzione della deformazione di taglio, profondità del bedrock sismico e sue proprietà elastiche, accelerogrammi di riferimento.

Le valutazioni sono state eseguite in condizioni di assenza di manufatti (*free field*), ed i suddetti accelerogrammi sono stati scalati al valore di accelerazione massima corrispondente a quella di riferimento per un'eccedenza del 10% in 75 anni che per l'area in analisi corrisponde a:

$$a/g = 0,217$$

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata effettuata confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro medio dei sismogrammi di input utilizzati.

Questi ultimi sono in numero di 11, tre dei quali presenti nella banca dati approntata dalla Regione Emilia Romagna, disponibili al sito internet <http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/sismica.htm> (accelerogrammi 000046xa, 000126xa, 000354xa), due ottenuti da selezione nel database internazionale “European strong-motion databse” <http://www.isesd.hi.is/> (accelerogrammi 000946xa, 001241ya) e sei derivati dalla definizione di accelerogrammi di riferimento per l’argine destro del Po redatta da A.Marcellini, D.Albarello, D.Gerosa (accelerogrammi 000055xa, 000368xa, 004675ya, 006239ya, 006275ya, 007059xa) messi a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli R.E.R. per le analisi di microzonazione sismica dei comuni di Montese, Zocca, Guiglia (MO).

Calcolo degli effetti di sito

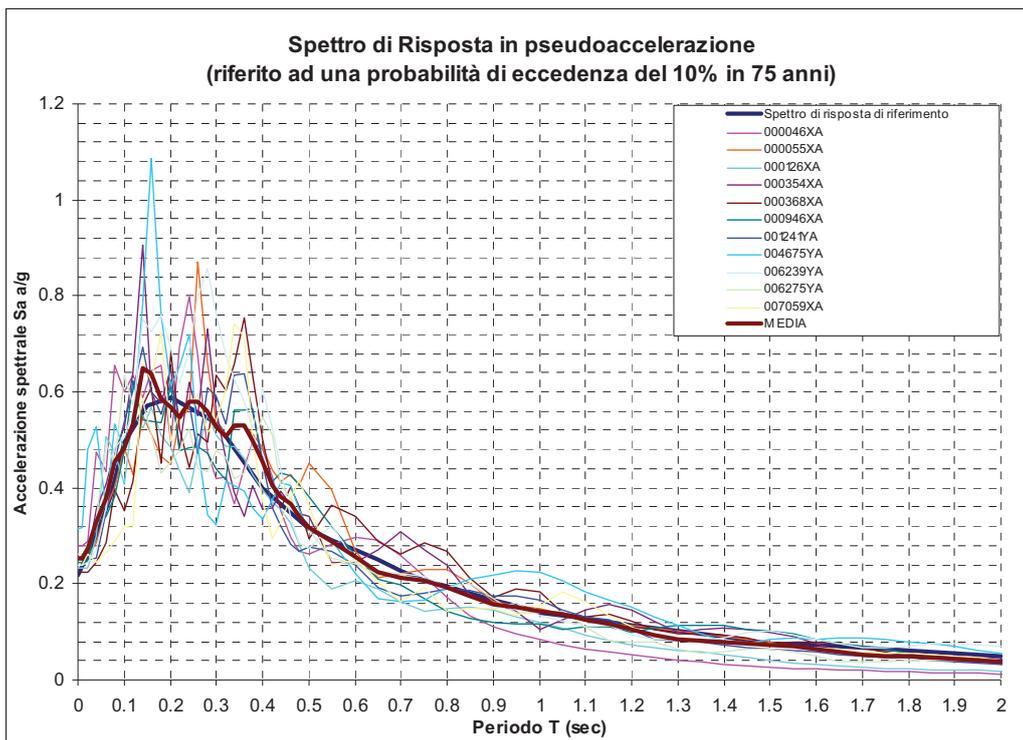
Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell’analisi è stato considerato il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, desumendo i parametri di decadimento da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni in analisi

Il codice di calcolo utilizzato per le simulazioni di scuotimento in superficie è *Proshake* (*EduPro Civil System, Inc*) che si basa quasi interamente sul modello di calcolo di *Shake91* (*Idriss e Sun, 1992*)¹, modificandone l’interfaccia di immissione dati per un più facile utilizzo.

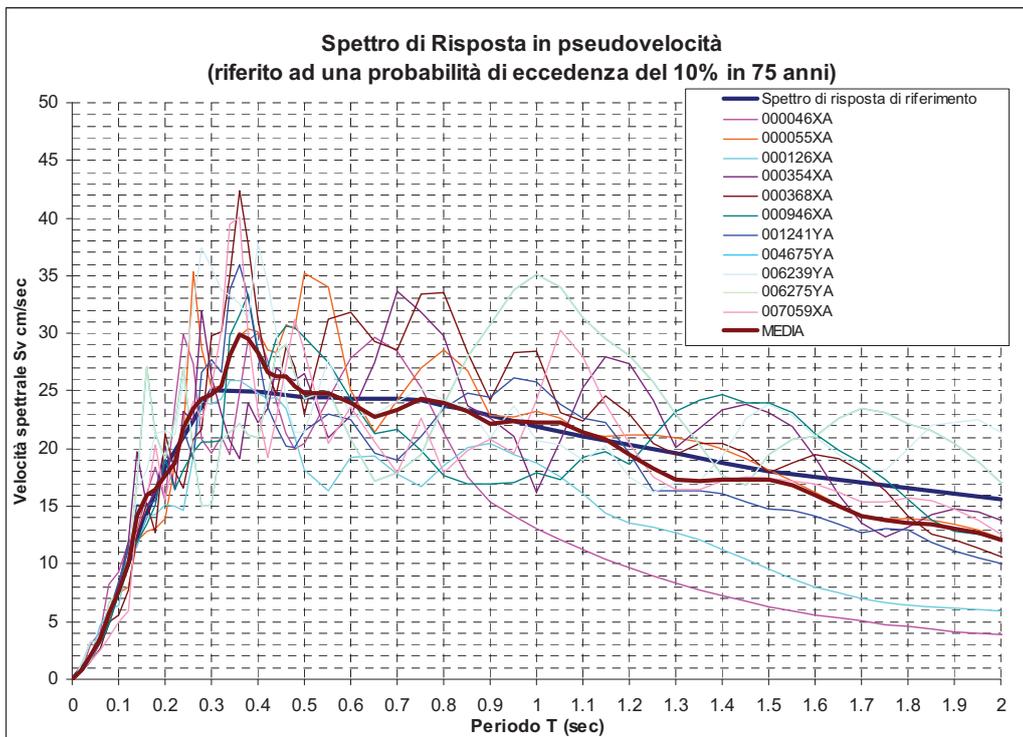
Le simulazioni sono state effettuate per l’indagine geofisica con metodo Re.Mi./MASW effettuata, applicando gli scuotimenti allo strato con $V_s = 790$ m/sec presente a circa 14 m di profondità dal p.c., calcolando lo spettro di risposta in superficie applicando i moti di riferimento al tetto di detto bedrock sismico.

I risultati ottenuti, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:

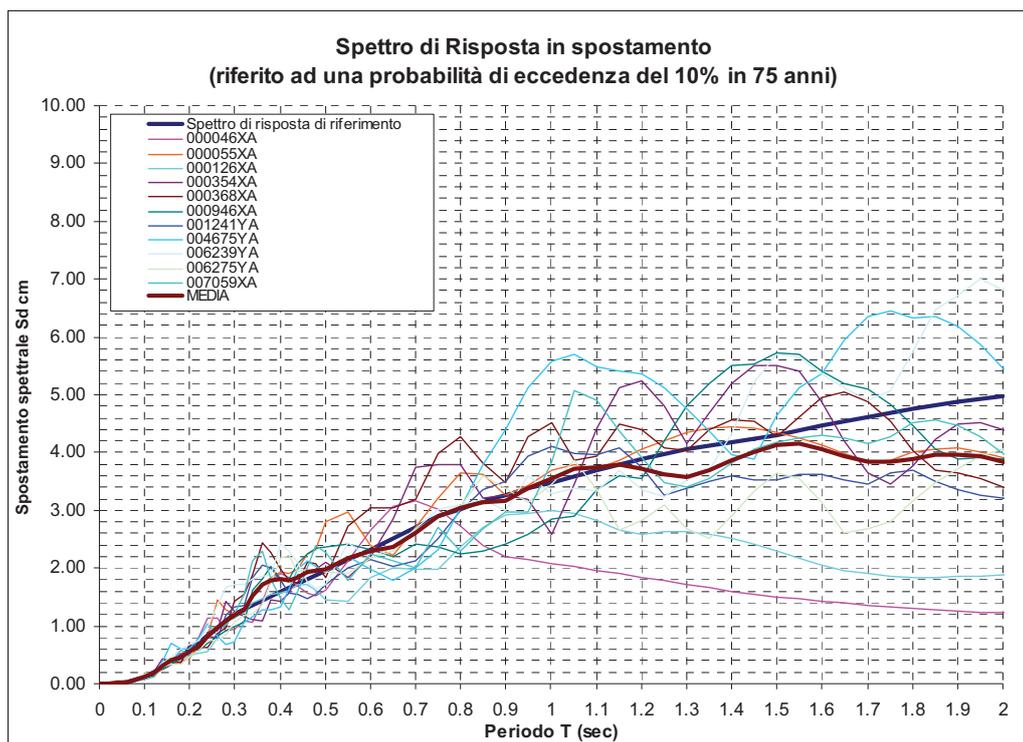
¹ Idriss, M. and Sun, J.I. (1992). “SHAKE91: A computer program for conducting equivalent linear seismic response analyses of horizontally layered soil deposits”, *User’s Guide*, University of California, Davis, California, 13 pp..



Spettro di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione (PSA) definito mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati al modello sismostratigrafico dell'area in analisi (Linea in grassetto marrone).



Spettri di risposta in superficie precedentemente visualizzati in termini di pseudovelocità PSV (smorzamento 5%).



Spettri di risposta in superficie precedentemente visualizzati in termini di spostamento (PSD) (smorzamento 5%).

Il sito in esame risulta caratterizzato da uno spettro di risposta in superficie che presenta i valori di picco massimi in corrispondenza dei periodi corrispondenti a $T=0,1 - 0,2$ sec corrispondenti a $0,62 - 0,65$ g; lo spettro in velocità, considerato più indicativo per gli effetti di amplificazione a periodo proprio, presenta un massimo nell'intervallo $T=0,2 \div 0,3$ con valore corrispondente a 28 e 30 cm/sec.

Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli precedentemente illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner² (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI_0 , definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T, \xi) dt$$

² Housner G.W., 1952; Intensity of ground motion during strong earthquakes, California Institute of Technology, August.

dove PSV è lo spettro di risposta in pseudovelocità, T e ξ sono rispettivamente il periodo e lo smorzamento (considerato come convenzionalmente = 5%).

Dimensionalmente, l'intensità di Housner è uno spostamento (cm).

Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

I risultati ottenuti sono riportati nelle seguenti tabelle.

<i>Periodo T (sec)</i>	<i>FA IS</i>	<i>Sa media (g)</i>
0 (FA PGA)	1.2	0.254
0,1 – 0,2	1.1	0.58
0,2 – 0,3	1	0.56
0,3 – 0,4	1.1	0.51
0,4 – 0,5	1.1	0.53
0,5 – 0,6	1	0.29
0,6 – 0,7	1	0.23
0,7 – 0,8	1	0.20
0,8 – 0,9	1	0.17
0,9 – 1,0	1	0.15

<i>Periodo T (sec)</i>	<i>Fattore di amplificazione stratigrafico</i>	<i>Fattore di amplificazione topografico</i>
0 (FA PGA)	1,2	1,3
0,1 - 0,5	1,1	1,3
0,5 - 1	1	1,3

ANALISI DEI MICROTREMORI CON LA TECNICA HVSR

Nel sito oggetto di indagine è stata eseguita un'acquisizione di microtremore ambientale mediante un sismometro GEOBOX SARA ad elevata dinamica (24 bits) attrezzato con geofono tridirezionale da 4,5 Hz di frequenza propria.

L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 20 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Il principio del metodo è basato sul fatto che i microtremori correlati dalle onde di *Rayleigh*, non subiscono fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, nelle componenti verticali del moto, mentre tale amplificazione avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra le componenti degli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

L'elaborazione HVSR dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

Dall'esame dei dati risultano picchi di amplificazione con frequenza corrispondente a:

H01 - $f_0 = 4,35$ Hz

H02 - $f_0 = 18$ Hz

H03 - $f_0 = 5,1$ Hz

H04 - $f_0 = 1,2$ Hz

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

Per l'esame dell'assetto e caratteristiche sismostratigrafiche dell'area in analisi, è stato eseguito un profilo geofisico con metodo sismico a rifrazione, elaborato con metodologia tomografica; detta prospezione ha lunghezza come di seguito esposto:

<i>Base n°</i>	<i>Lunghezza (ml)</i>	<i>Orientamento</i>
BS1	125	ovest - est

Caratteristiche strumentazione utilizzata

La strumentazione di indagine è costituita da sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica GEOMETRICS GEODE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

L'energizzazione nel terreno si è effettuata mediante mazza battente del peso di 10 kg eseguendo 9 tiri di cui 7 interni e due esterni; questi ultimi sono stati posizionati ad una distanza pari all'interasse intergeofonico.

Caratteristiche principali della strumentazione utilizzata:

- Sistema di amplificazione a guadagno variabile pari a 24 o 36 Db; filtri II ordine in entrata e IV ordine in uscita dal sistema amplificatore; dinamica segnale in amplificazione +/- 5V; resa offset 0 V automatica del modulo di preamplificazione con guadagno fisso x100.
- Scheda di conversione analogico/digitale 24 bit con frequenza di campionamento pari 8000Hz;
- Registrazione delle tracce sismografiche su memoria di massa per 1 sec. con successivo taglio in lunghezza a 200 - 300 millisecc in funzione dei risultati ottenuti;
- Geofoni Geospace verticali da 4,5 Hz di frequenza propria, collegati alla centralina di amplificazione a mezzo cavo multipolare con gauge 0.5;
- Trigger software innescato da interruttore analogico off/on solidale con il sistema di energizzazione; tempo di risposta del sistema trigger = 1/30.000 del tempo di campionamento.

- possibilità di sommatoria degli impulsi di energia conferiti al terreno e previsualizzazione delle tracce ottenute;
- congelamento delle tracce e restituzione dei dati mediante visualizzazione su monitor.

Successivamente, dopo aver computerizzato i dati con uno specifico programma, è possibile riesaminare i segnali e quindi eventualmente filtrarli od amplificarli per una più dettagliata definizione dei tempi di primo arrivo.

Possibilità e limitazioni della prospezione sismica

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo.

Nella prospezione sismica a rifrazione, si utilizza la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali, ovvero delle onde di compressione e dilatazione (onde P), che sono le più veloci tra le diverse onde elastiche che si propagano nel sottosuolo.

Le velocità di avanzamento del treno d'onda dipende dalle caratteristiche elastiche di un determinato litotipo ed in particolare dai moduli di *Young*, *Poisson*, di incompressibilità, di rigidità, dalla densità e dal grado di saturazione dei materiali.

Per lo stesso tipo di roccia, la velocità diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione o di fratturazione; aumenta per contro, generalmente, con la profondità.

Nei litotipi sciolti la velocità è più elevata sotto il livello freatico ed in condizioni di saturazione dei depositi alluvionali, decresce invece con l'aumentare della porosità.

Il metodo sismico a rifrazione fornisce modelli sismostratigrafici che presentano una precisione tanto più accurata, qualora le condizioni naturali si avvicinano maggiormente a quelle di seguito esposte:

- ❖ Modello semplice costituito da pochi rifrattori, caratterizzati da velocità costanti e ben differenziate nel passaggio da strato a strato;
- ❖ Velocità crescente con la profondità, strati lenti o inversioni di velocità costituiscono una limitazione alla tecnica di rifrazione anche se l'esistenza di formazioni intermedie a bassa velocità viene spesso evidenziata da disturbi o da discontinuità nelle dromocrone; tali condizionamenti sono affrontati, mitigati ed, in pratica, risolti dalle recenti tecniche interpretative: *Tomografia Sismica*;

- ❖ Inclinazione degli strati o variazioni di pendenza non eccessive, anche se queste limitazioni sono attenuate e praticamente superate tramite l'elaborazione con *Metodo Tomografico*.

Un altro fattore limitante è costituito da zone mascherate e/o cieche e cioè quando lo spessore di uno strato intermedio è ridotto oppure la sua velocità è di poco superiore a quella dello strato sovrastante, anche questa condizione è mitigata dalle elaborazioni con metodo tomografico.

Elaborazione e interpretazione delle basi sismiche

I sismogrammi registrati su memoria di massa, sono stati oggetto di picking, determinando i primi arrivi (ritardo tra il momento di energizzazione e l'arrivo del treno d'onda generato a ciascun geofono) con un'approssimazione soggettiva di ± 1 millisecc.

Mediante la relazione tra il ritardo e la distanza tra la sorgente ed il singolo geofono, per ogni energizzazione effettuata, è stato definito il grafico delle dromocrone. Da queste, mediante l'ausilio di uno specifico software, basato sul metodo di inversione pseudo 2D denominato “*Delta-t-v method*” (Gebrande e Miller, 1985), è stata ottenuta una pseudosezione 2D velocità - profondità.

Il “*Delta-t-v method*” non richiede la mappatura dei rifrattori: i dati utilizzati sono i parametri sismici, la geometria dell'acquisizione ed il picking dei primi arrivi.

Successivamente i risultati ottenuti sono stati elaborati con la tecnica *WET* (*wavepath eikonal travelttime* – Schuster, 1993; Watanabe, 1999), che utilizza il concetto del “*volume di Fresnel*”, definito come l'insieme delle onde che hanno tempi di percorso differenti per al più mezzo periodo. In questo volume i tempi di percorso sono calcolati dalla sorgente al ricevitore e viceversa. Infatti avendo le onde sismiche una frequenza abbastanza definita, la loro propagazione è influenzata non solo dalle strutture attraversate ma anche da quelle circostanti il loro tragitto, che determinano effetti di diffrazione o formazione di zone d'ombra.

L'algoritmo per l'inversione WET opera come di seguito esposto:

- Utilizzazione di un modello iniziale di velocità con risoluzione dell'*eikonal equation* con il metodo alle differenze finite (al fine di determinare il ΔT residuale tra i tempi di primo arrivo osservati e quelli calcolati alle differenze finite).
- Definisce un fattore arbitrario “R” (funzione della frequenza della sorgente) in tutti i punti del mezzo analizzato in funzione delle varie posizioni delle sorgenti e dei ricevitori.
- Aggiorna il modello di velocità e ripete gli step precedentemente definiti, in maniera iterativa, fino alla convergenza tra i dati ottenuti e quelli rilevati.

CONSIDERAZIONI D'INSIEME PROSPEZIONE GEOFISICA

L'analisi d'insieme del profilo in tomografia sismica denota che la fascia di materiali più detensionati è correlabile all'orizzonte sismostratigrafico con velocità di propagazione delle onde di compressione sino a $V_p < 800 \div 1000$ m/sec. Quest'unità assume spessori medi pari a circa $4 \div 5$ m e presenta andamento circa subparallelo alla superficie topografica.

Successivamente si riscontra un orizzonte litotecnico contraddistinto da $V_p = 1000 \div 1800 \div 2000$ m/sec, con spessore variabile tra 3 e $4 \div 5$ m, riscontrabile in genere sino a $-8 \div -10$ m p.c., correlabile a materiali a medio grado di addensamento.

Successivamente si riscontra un sismostrato contraddistinto da $V_p > 2000$ m/sec correlabile a litotipi ad elevato grado di addensamento.

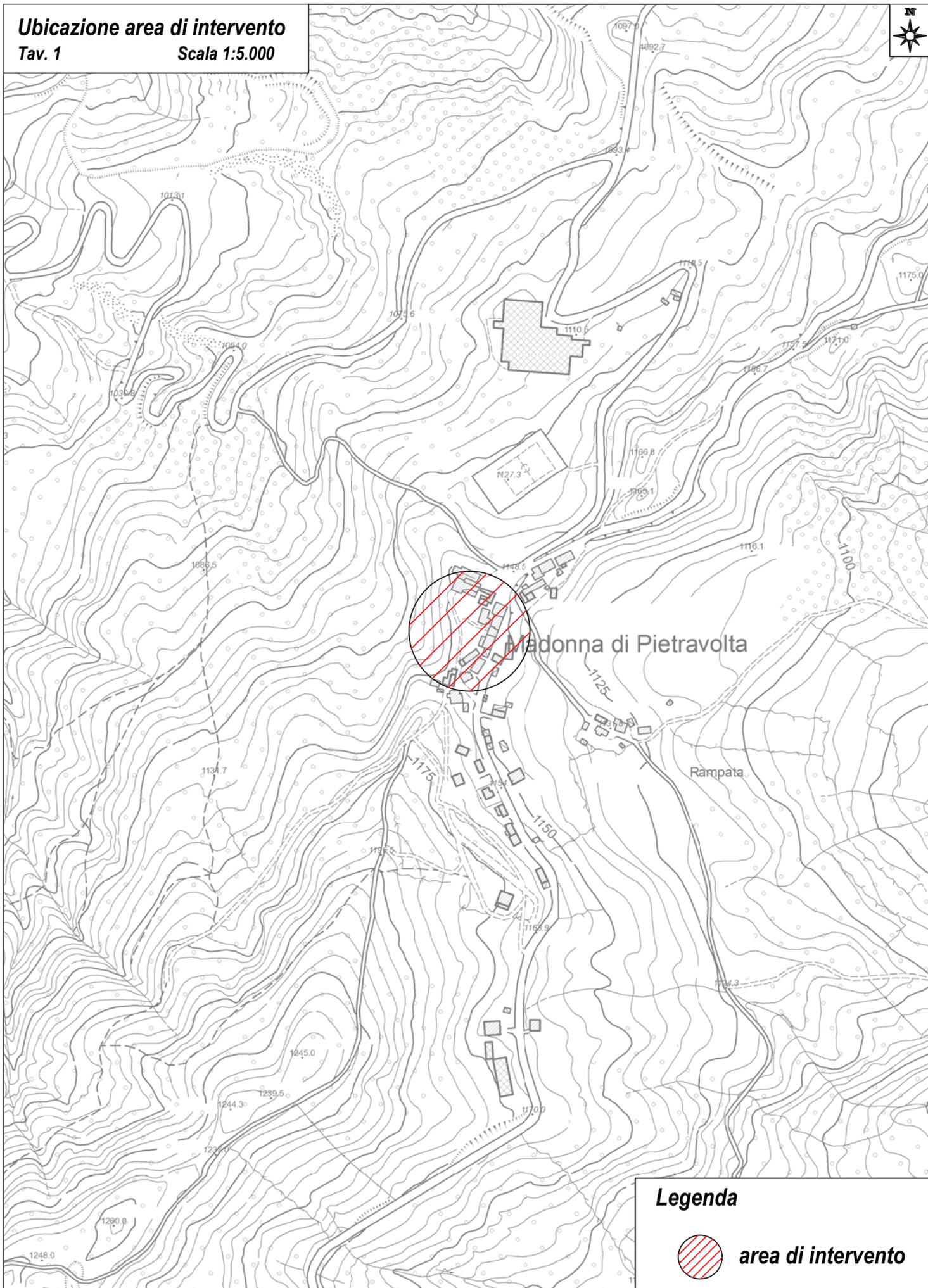
DR. GEOL. STEFANO GILLI

ALLEGATI

Ubicazione area di intervento

Tav. 1

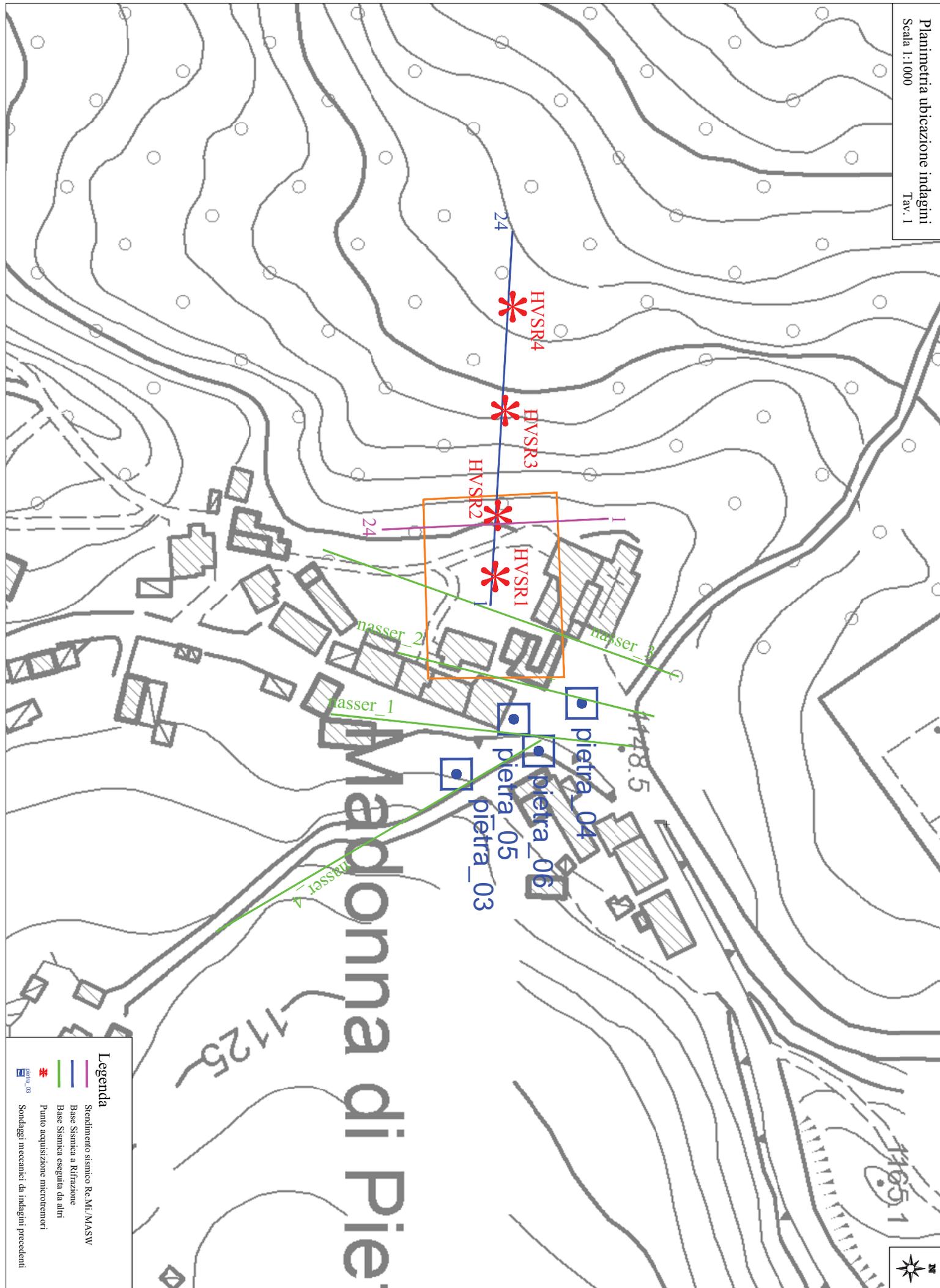
Scala 1:5.000



Legenda



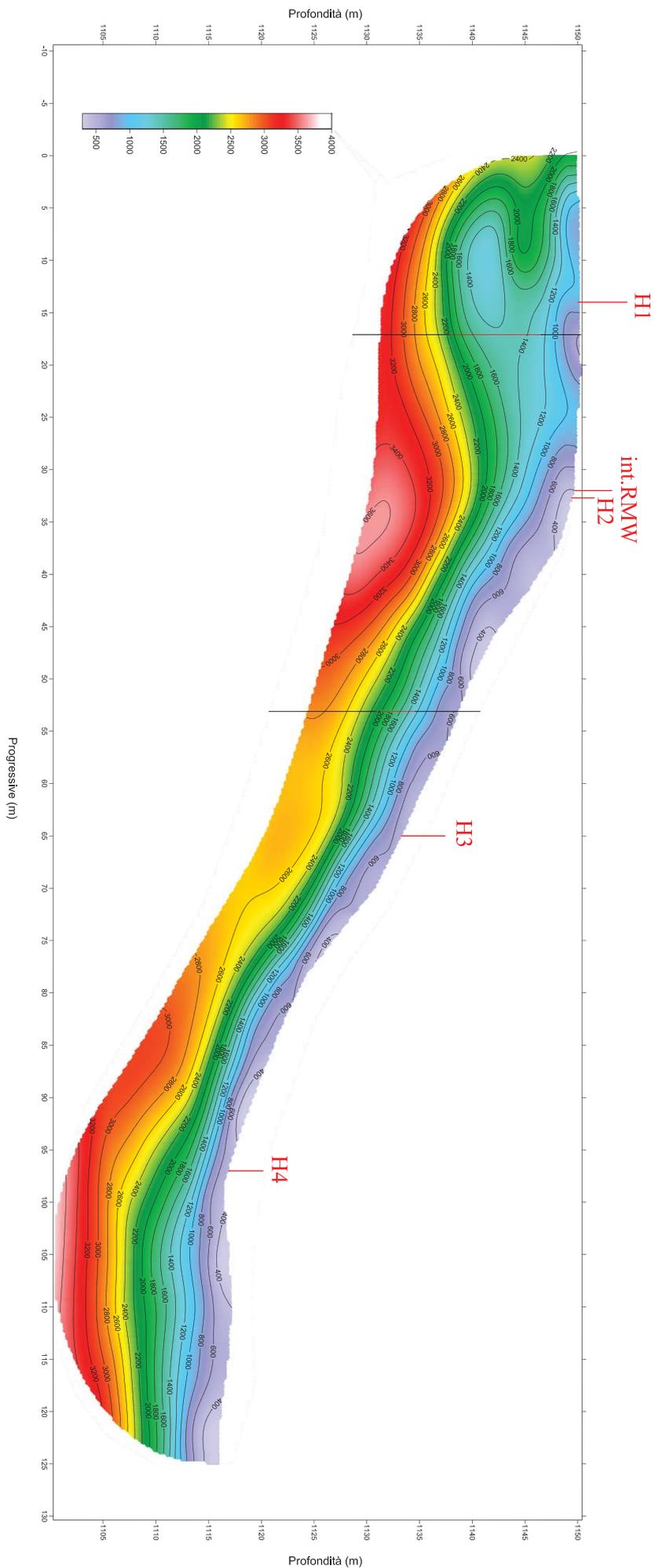
area di intervento



Legenda

-  Sismometro sismico Re.Mi/MASW
-  Base Sismica a Rifrazione
-  Base Sismica eseguita da altri
-  Punto acquisizione microtemori
-  Sondaggi meccanici da indagini precedenti





LOCALITÀ: Frassinoro (MO)

COMMITTENTE: Dr. P. Tinocani

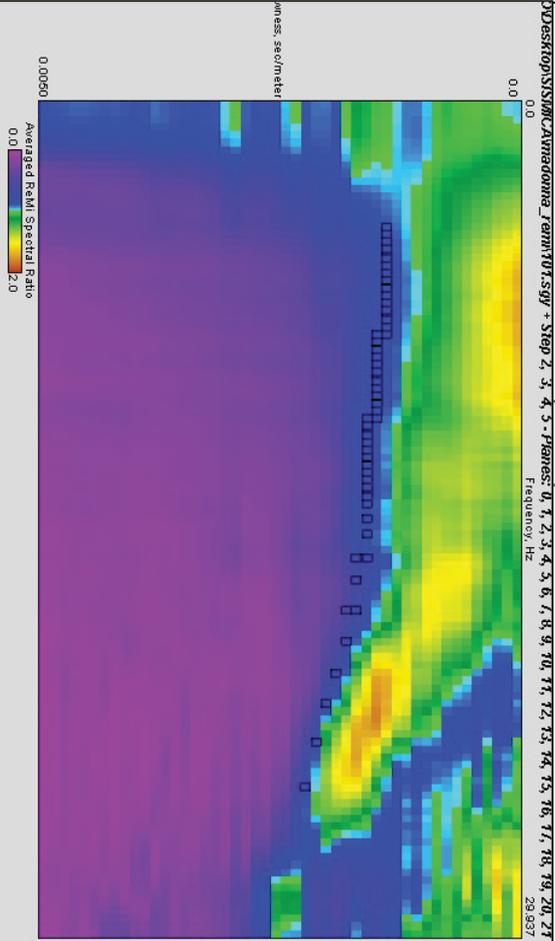
DATA: 27-08-2013

CANTIERE: Madonna di Pietravolta

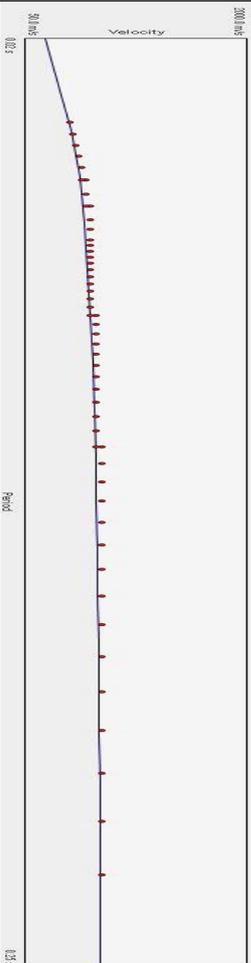
QUOTA: 1150 m. s.l.m.

OPERATORI: Arbizzi A.

Spettro di potenza



Curva di dispersione

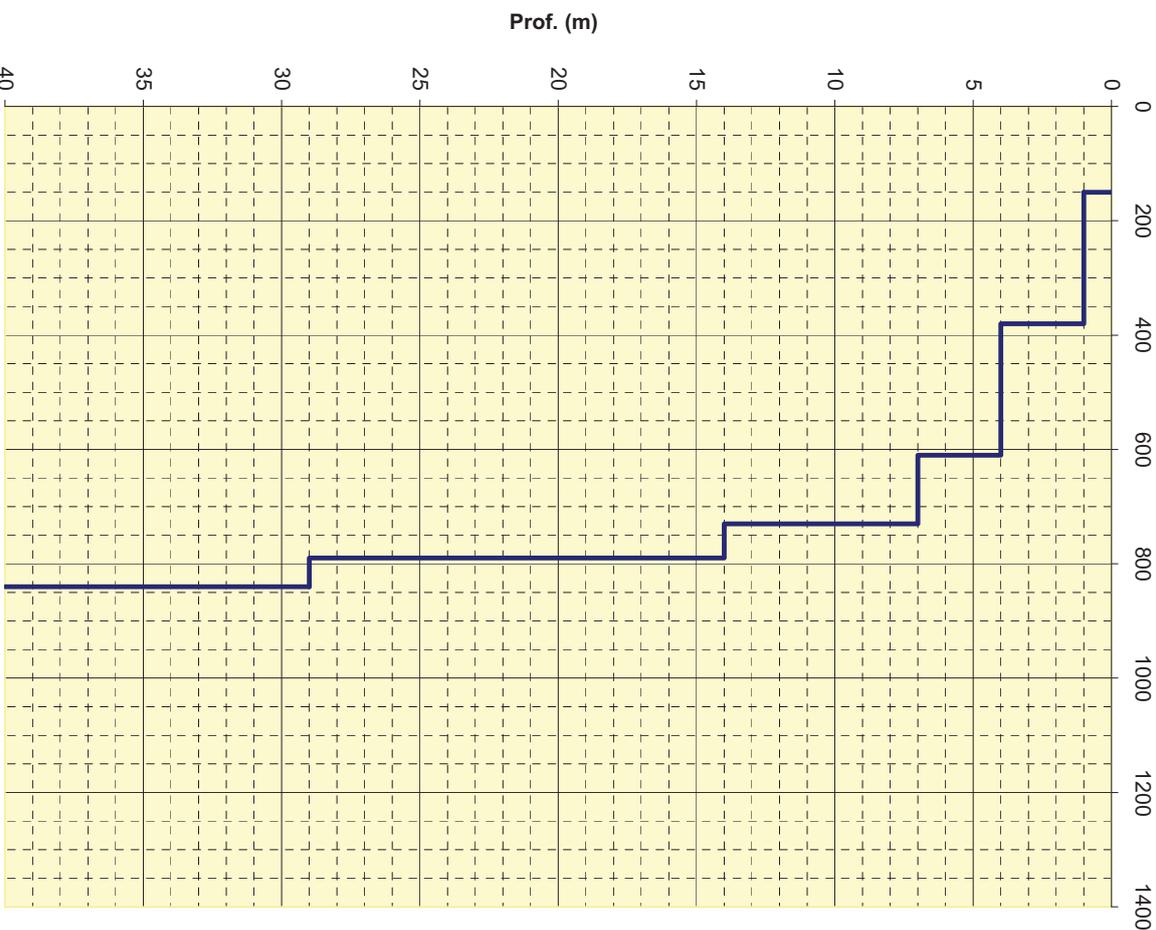


Note:

Modello interpretativo

Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)
1	0	1	150
2	1	4	380
3	4	7	610
4	7	14	730
5	17	29	790
6	26	INF	840
7			
8			
9			
10			

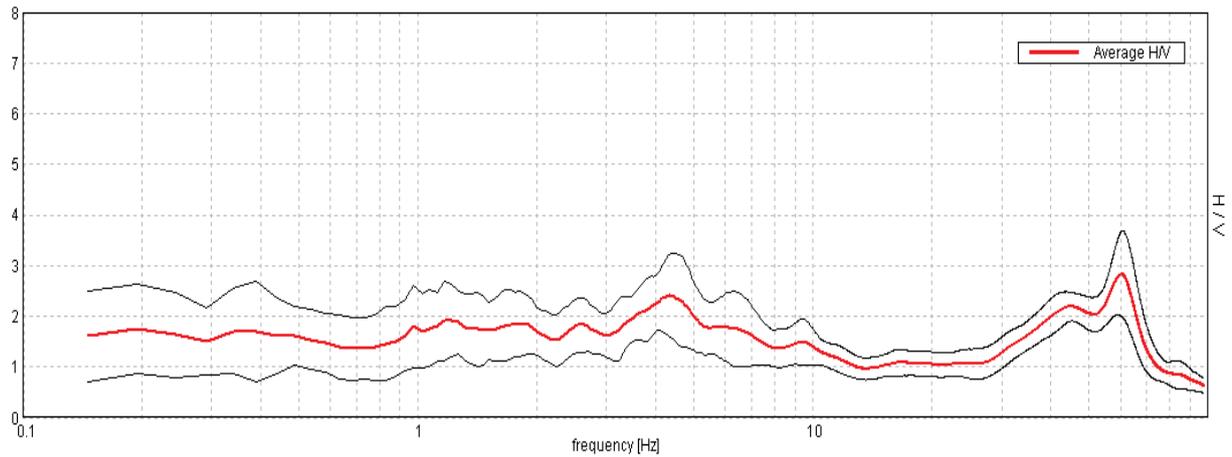
Modello interpretativo
 profilo Vs (m/s)



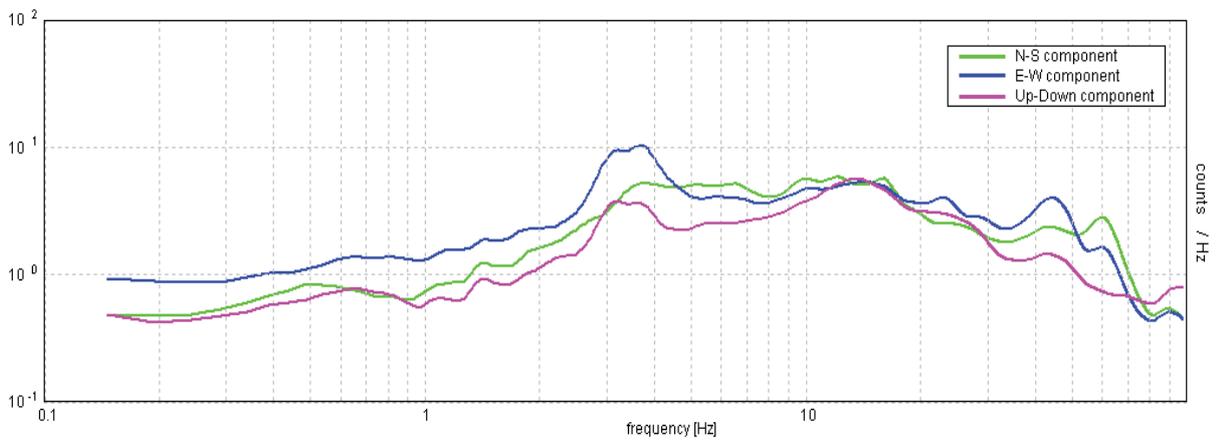
Studio di Geologia e Geofisica Dr. Stefano Gilli Via Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)		INDAGINE HVSR 01	
LOCALITA': Frassinoro (MO)		COMMITTENTE: Dr. P.Tincani	
DATA: 27-08-2013		CANTIERE: Madonna di Pietravolta	
QUOTA: 1150 m. s.l.m.		OPERATORI: Arbizzi A.	
Strumentazione: Sara SR04 HS - 4,5 Hz - matricola N488			

Rapporto spettrale

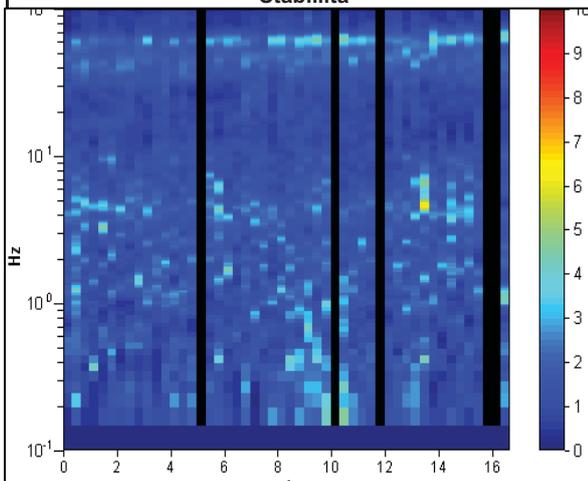
Max. H/V at 4.35 ± 0.49 Hz. (In the range 0.0 - 18.0 Hz).



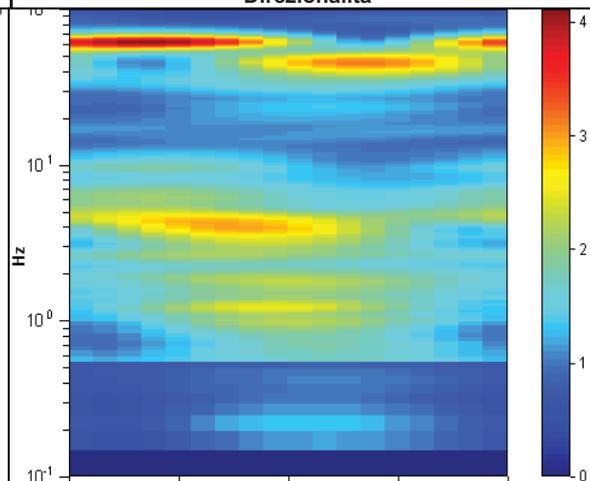
Ampiezza spettrale



Stabilità

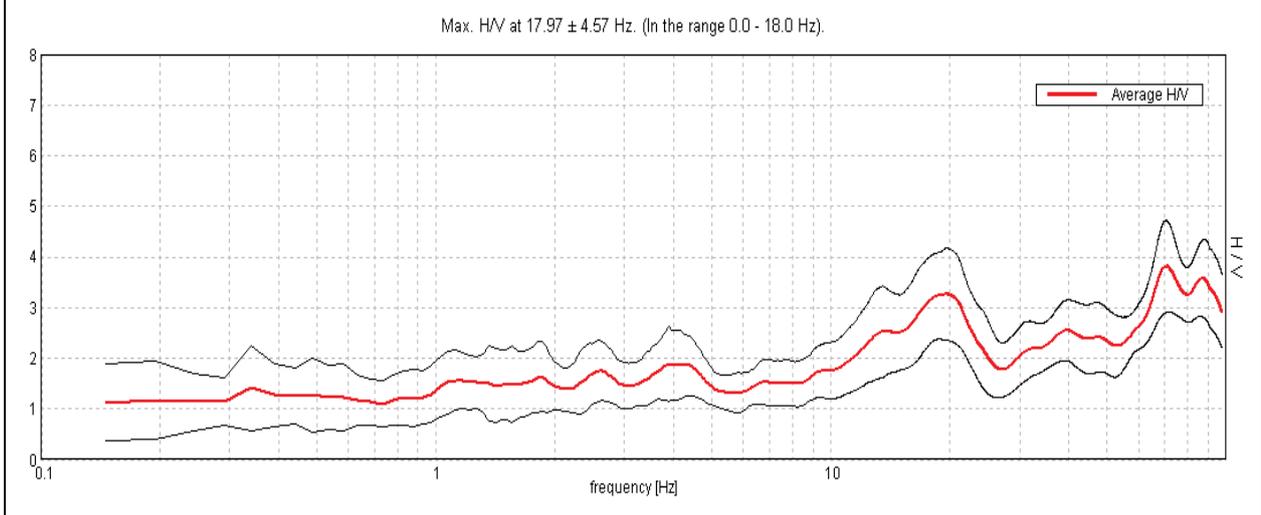


Direzionalità

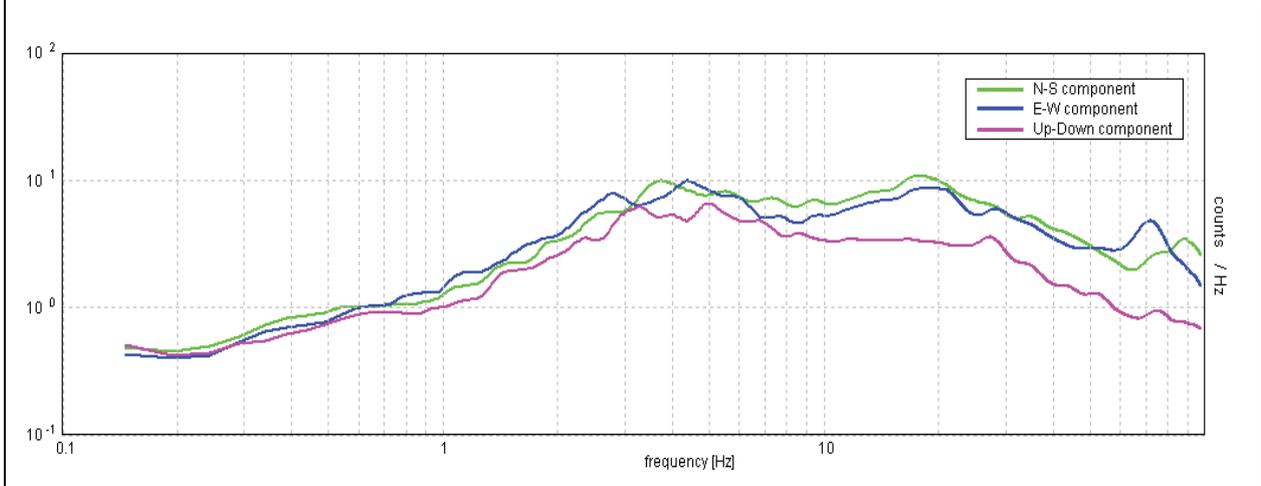


Studio di Geologia e Geofisica Dr. Stefano Gilli Via Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)	INDAGINE HVSR 02
LOCALITA': Frassinoro (MO)	COMMITTENTE: Dr. P.Tincani
DATA: 27-08-2013	CANTIERE: Madonna di Pietravolta
QUOTA: 1150 m. s.l.m.	OPERATORI: Arbizzi A.
Strumentazione: Sara SR04 HS - 4,5 Hz - matricola N488	

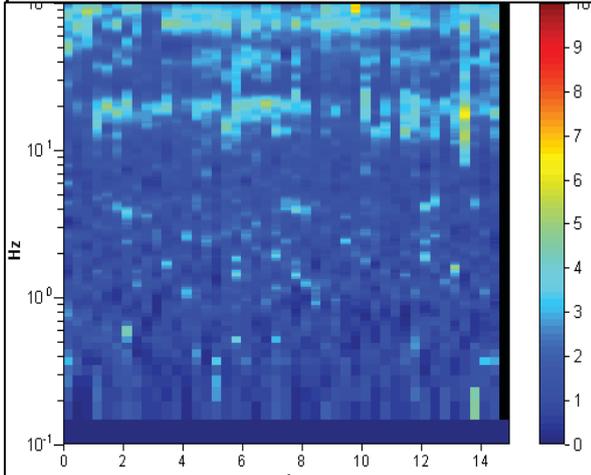
Rapporto spettrale



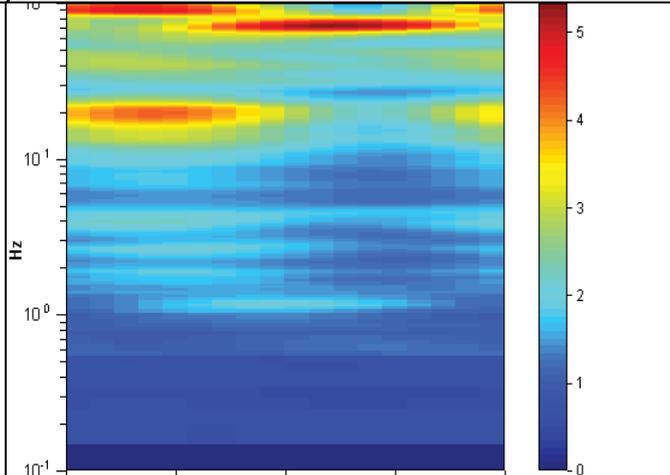
Ampiezza spettrale



Stabilità



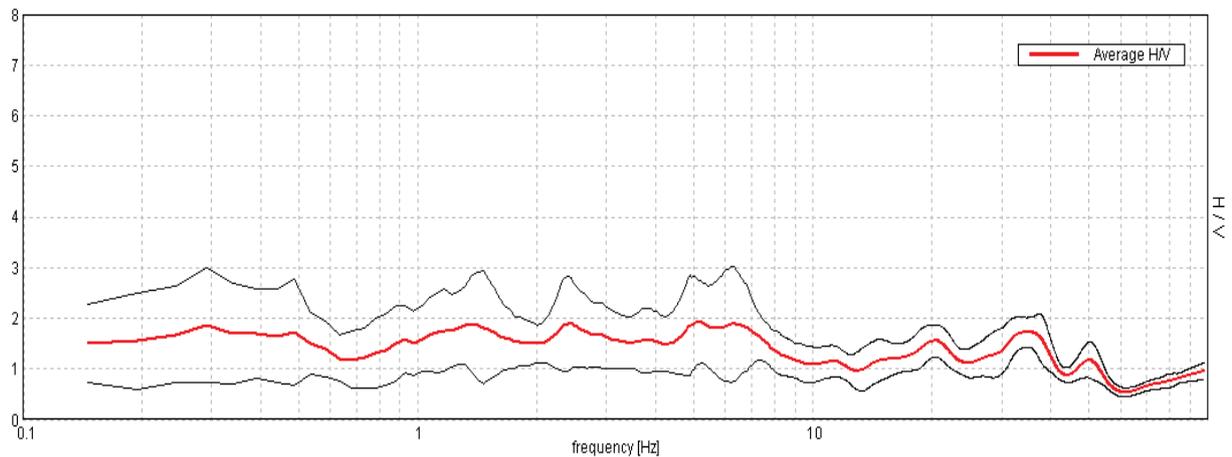
Direzionalità



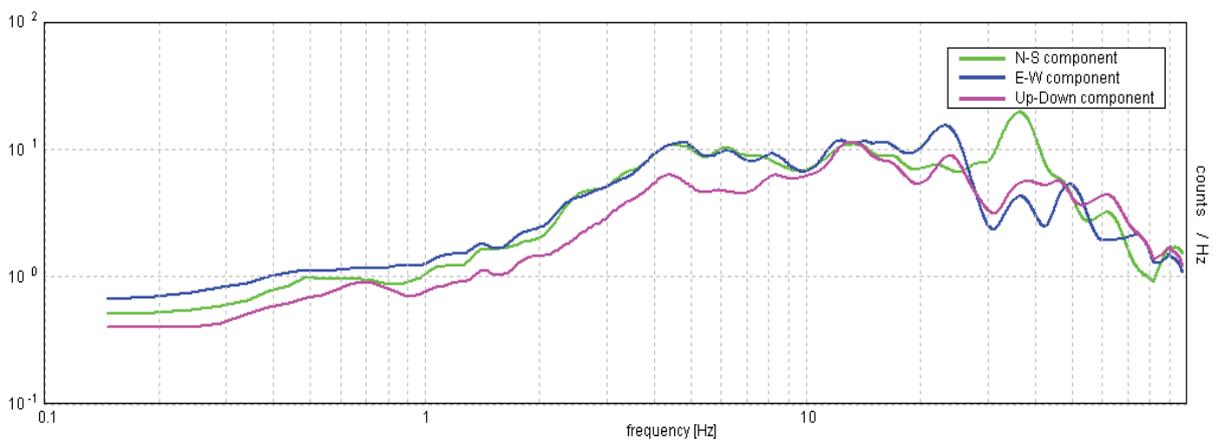
Studio di Geologia e Geofisica Dr. Stefano Gilli Via Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)		INDAGINE HVSR 03	
LOCALITA': Frassinoro (MO)		COMMITTENTE: Dr. P. Tincani	
DATA: 27-08-2013		CANTIERE: Madonna di Pietravolta	
QUOTA: 1132 m. s.l.m.		OPERATORI: Arbizzi A.	
Strumentazione: Sara SR04 HS - 4,5 Hz - matricola N488			

Rapporto spettrale

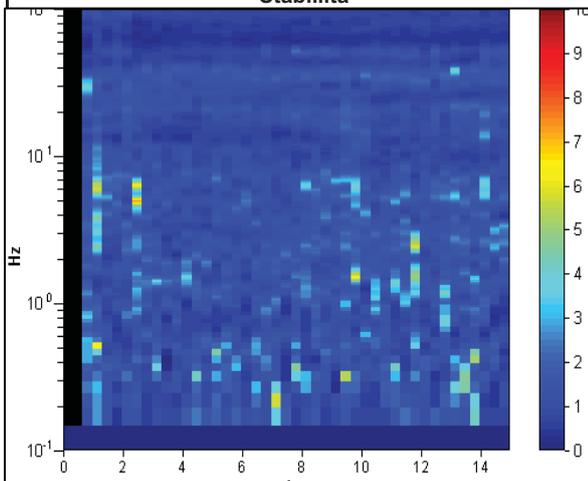
Max. HV at 5.13 ± 3.1 Hz. (In the range 0.0 - 18.0 Hz).



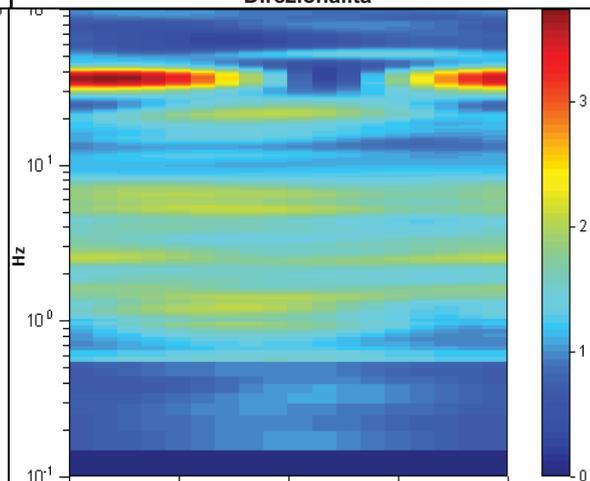
Ampiezza spettrale



Stabilità



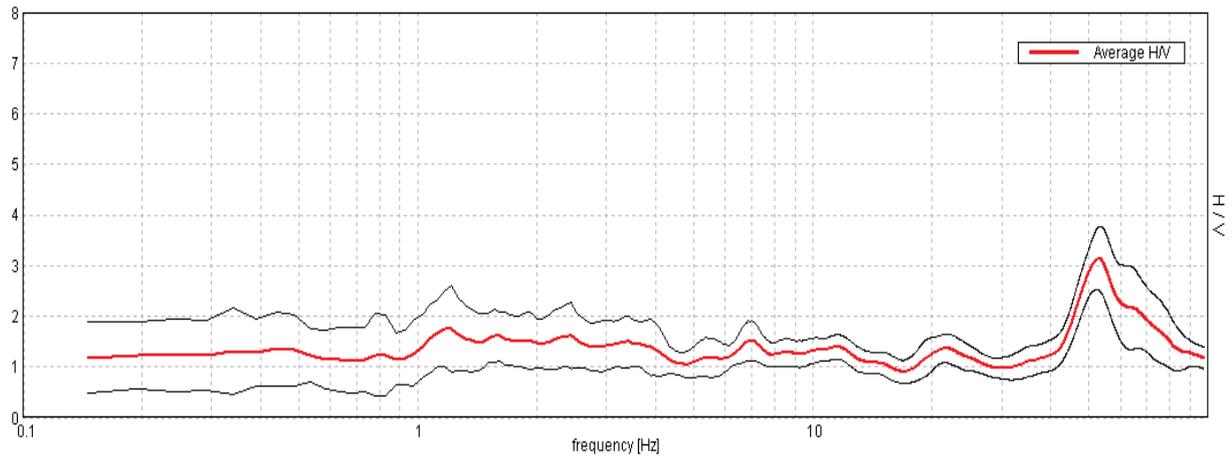
Direzionalità



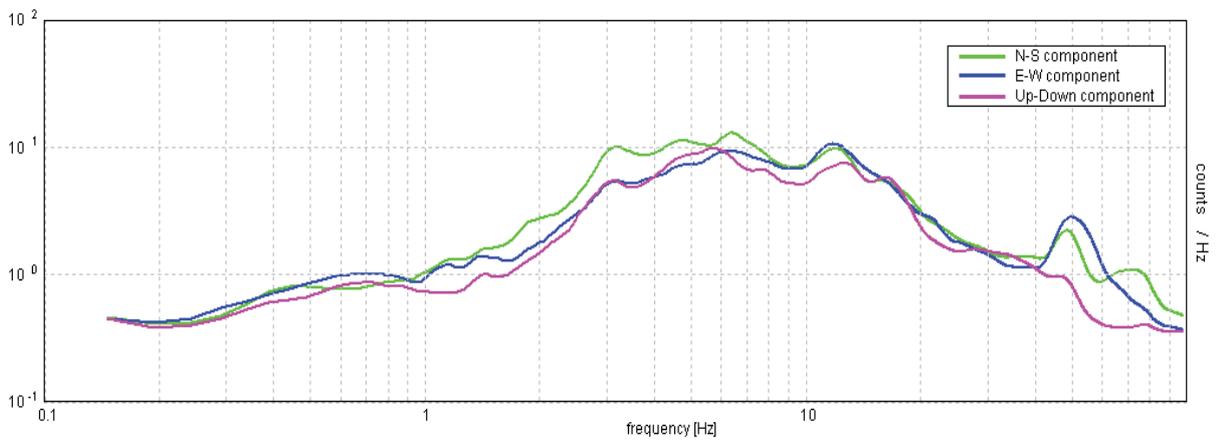
Studio di Geologia e Geofisica Dr. Stefano Gilli Via Ottone, 1 - 42041 Brescello (RE)		INDAGINE HVSR 04	
LOCALITA': Frassinoro (MO)		COMMITTENTE: Dr. P. Tincani	
DATA: 27-08-2013		CANTIERE: Madonna di Pietravolta	
QUOTA: 1117 m. s.l.m.		OPERATORI: Arbizzi A.	
Strumentazione: Sara SR04 HS - 4,5 Hz - matricola N488			

Rapporto spettrale

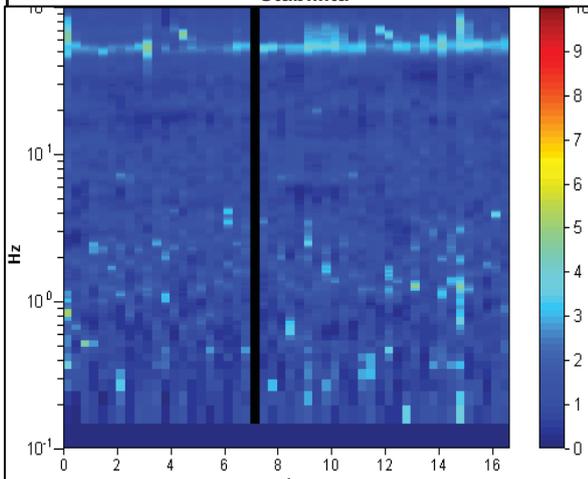
Max. HV at 1.17 ± 0.9 Hz. (In the range 0.0 - 18.0 Hz).



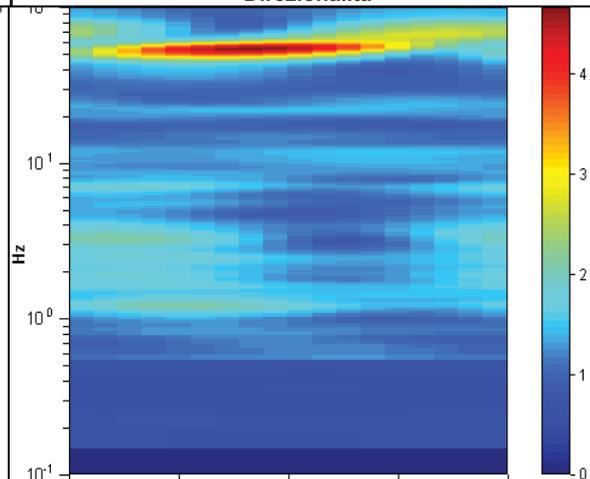
Ampiezza spettrale



Stabilità



Direzionalità



<i>Domanda</i>	n. 038
<i>Richiedente</i>	Gianotti Adolfo
<i>Foglio</i>	24
<i>Mappali</i>	260, 261
<i>Tavola PRG</i>	5.6

Cap. 1 INTRODUZIONE

Su incarico della committenza, è stata eseguita la presente relazione integrativa con lo scopo di rispondere alle osservazioni e prescrizioni elevate dal Servizio Pianificazione urbanistica territoriale e cartografica della Provincia di Modena, riportate nel *parere ai sensi dell'art 5 della L. R. 19 del 30-10-2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico"*.

Variante parziale al PRG Giugno 2013 e microzonazione sismica prot. con n. del 30/01/2013 – prot. Prou Modena n. 11650 del 05/02/2013, Class. 07.04.05 – fasc. 2139,
quali:

➤ Verifiche di stabilità in presenza di sollecitazioni dinamiche

Per ogni altra informazione non contenuta nella presente nota si rimanda alla precedente relazione, del 06.09.2012.

Cap. 2 VERIFICHE DI STABILITA' (con sollecitazioni dinamiche)

2.1 Inquadramento dell'area

Come ricordato nella precedente relazione l'area studiata si trova immediatamente a monte dell'abitato di Frassinoro, al confine con la zona residenziale in un'area storicamente stabile.

Nei dintorni del sito nessuna carta tematica indica la presenza di frane attuali o pregresse, comprese la carta del dissesto PTCP e la Carta Geologica Regionale. Quest'ultima anzi inserisce il lotto su terreni rocciosi affioranti - *Formazione di Monte Venere (MOV)*:

Fig.1 - CARTA DEL DISSESTO PTCP MODENA

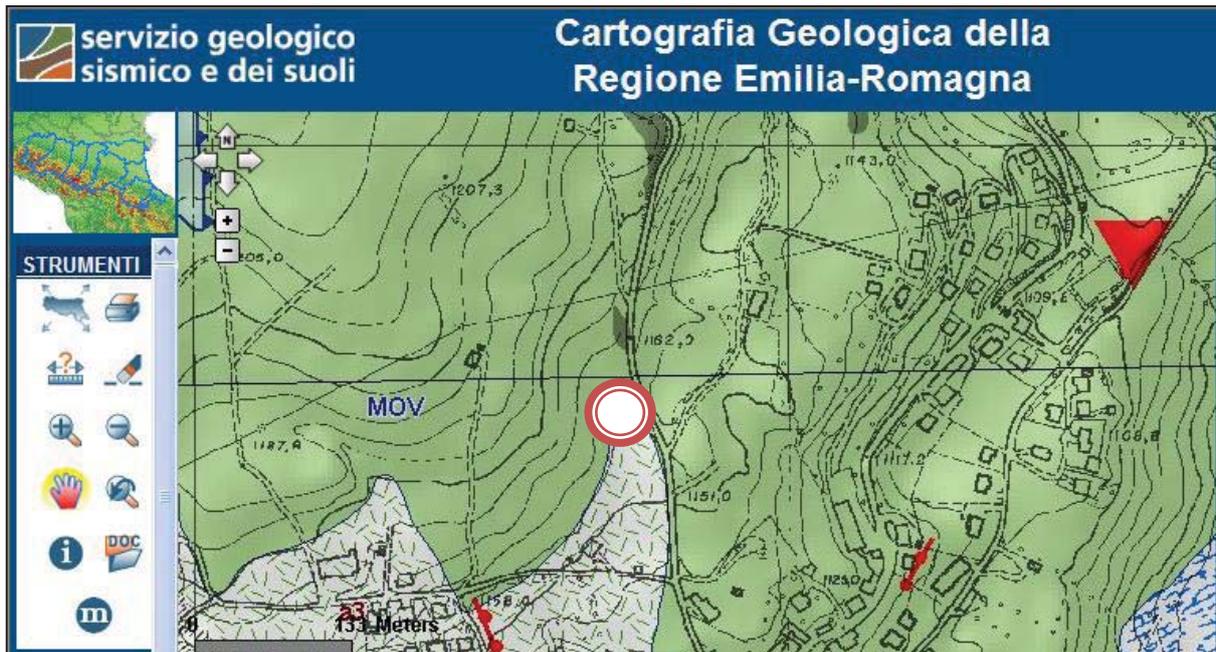


Fig.2 - CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE

Scala 1:5.000

LEGENDA

Coperture quaternarie (10K)	
	a3 - Deposito di versante s.l.
Unità geologiche (10K)	
	MOV - Formazione di Monte Venere



Il quasi millenario archivio parrocchiale (*Abbazia di Frassinoro dal 1071*) non riporta nessuna notizia in merito a movimenti franosi nei dintorni del sito.

Le pendenze all'interno dell'area di variante sono infatti molto deboli (si veda foto 1), ed anche in direzione di monte, dove si rileva un aumento di acclività, *l'angolo di pendio* si mantiene costantemente inferiore *all'angolo di attrito interno* naturale dei terreni affioranti

Foto 1 - area di variante



2.2 Verifica numerica

Sulla base della geometria del pendio, la profondità del substrato, la stratigrafia e le proprietà geotecniche dei terreni identificati dai rilievi diretti, dalle prove indicate nella precedente relazione e da numerosissime prove pregresse eseguite dallo scrivente nei dintorni del sito, sono state eseguite 42 verifiche di stabilità in condizioni dinamiche con il metodo di Sarma, relativamente alla pendice posta a monte del lotto esaminato. Di seguito si riporta quella a fattore minimo.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- *L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;*
- *L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;*
- *L'equazione di equilibrio dei momenti.*

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = KW_i + \Delta E_i$$

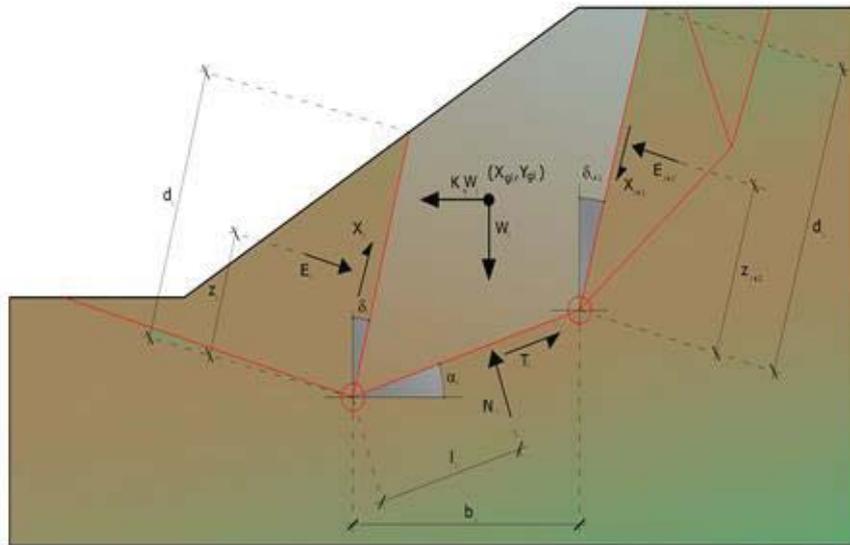
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_j = 0$$

$$\sum \Delta X_j = 0$$

dove E_j e X_j rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i -esima del concio generico i .

*L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:*



Azioni sull' *i*-esimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \operatorname{tg}(\psi'_i - \alpha') + (x'_i - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di K (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione K corrispondente al fattore di sicurezza $F = 1$, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$$K = K_c \quad \text{Accelerazione critica se } F = 1$$

$$F = F_s \quad \text{Fattore di sicurezza in condizioni statiche se } K = 0$$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con: SARMA (1973)

Zona	Frassinoro
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma generica	

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.50
Coefficiente azione sismica verticale	0.25

Vertici profilo

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1187.0
2	17.0	1185.0
3	35.0	1180.0
4	45.0	1175.0
5	61.0	1170.0
6	78.0	1165.0
7	97.0	1160.0
8	117.0	1155.0
9	148.0	1153.0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	1186.99
2	17.0	1184.99
3	35.0	1179.99
4	45.0	1174.99
5	61.0	1169.99
6	78.0	1164.99
7	97.0	1159.99
8	117.0	1154.99
9	148.0	1152.99

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	1186.0
2	17.0	1184.0
3	35.0	1178.0
4	45.0	1173.0
5	61.0	1168.0
6	78.0	1162.0
7	97.0	1157.0
8	117.0	1151.0
9	148.0	1149.0

Vertici superficie Nr...1

N	X (m)	y (m)
1	3.29	1186.7
2	7.86	1184.99
3	18.41	1183.1
4	34.37	1177.96
5	47.62	1172.0
6	61.96	1167.68
7	75.49	1162.81
8	94.96	1157.67
9	115.52	1151.17
10	134.73	1150.09
11	142.3	1150.63
12	146.76	1153.13

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia	Prof. (m)
1	0.15	0.59	24.3	1850.00	2100.00	2.60		0-1/4
2	0.6	1.32	31.1	2000.00	2200.00	6.30		>1/4

Superficie Nr...18 Fattore di sicurezza=3.99

Nr.	B (m)	Alfa (°)	Li (m)	Wi (Kg)
1	4.77	-19.43	5.06	5598.11
2	4.77	-10.18	4.84	12812.42
3	4.77	-10.18	4.84	15907.23
4	4.77	-17.12	4.99	16541.33
5	4.77	-17.85	5.01	18276.93
6	4.77	-17.85	5.01	20365.63
7	4.77	-21.42	5.12	24211.24
8	4.77	-24.18	5.23	21101.48
9	4.77	-24.18	5.23	18616.1
10	4.77	-18.53	5.03	20882.52
11	4.77	-16.8	4.98	21183.42
12	4.77	-16.8	4.98	20653.33
13	4.77	-19.11	5.05	21604.74
14	4.77	-19.8	5.07	24427.52
15	4.77	-19.8	5.07	27589.66
16	4.77	-15.14	4.94	28569.95
17	4.77	-14.78	4.93	28622.51
18	4.77	-14.78	4.93	28659.03
19	4.77	-14.78	4.93	28692.17
20	4.77	-17.11	4.99	29774.93
21	4.77	-17.53	5.0	32694.63
22	4.77	-17.53	5.0	35870.4
23	4.77	-17.53	5.0	39046.22
24	4.77	-10.06	4.84	38792.7
25	4.77	-3.22	4.78	38844.17

26	4.77	-3.23	4.78	38455.36
27	4.77	-3.22	4.78	38064.25
28	4.77	0.47	4.77	36134.34
29	4.77	4.09	4.78	31154.97
30	4.77	27.49	5.37	13949.62

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1(Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	1189.22	1111.89	0.0	0.0	2834.88	2221.46	550.29
2	5220.17	4351.5	1189.22	1111.89	4349.14	7941.86	1258.06
3	6641.54	7760.79	5220.17	4351.5	8860.4	8623.9	1553.1
4	8343.45	13588.15	6641.54	7760.79	10598.27	9104.43	1621.95
5	9552.17	19827.47	8343.45	13588.15	12380.13	9404.1	1799.56
6	10881.04	25833.15	9552.17	19827.47	13495.85	9572.73	2010.62
7	14238.03	32608.31	10881.04	25833.15	14917.58	9957.28	2389.28
8	12539.28	44206.45	14238.03	32608.31	19888.59	10866.1	2093.75
9	5124.84	51431.34	12539.28	44206.45	21695.35	4419.89	1850.46
10	11420.65	55203.96	5124.84	51431.34	8463.59	8841.2	2072.88
11	11211.63	61309.19	11420.65	55203.96	15284.92	9800.25	2101.56
12	10888.42	67521.11	11211.63	61309.19	15081.73	9769.48	2051.03
13	12040.37	74206.02	10888.42	67521.11	14810.14	9826.95	2147.71
14	14141.45	80660.24	12040.37	74206.02	15745.54	10000.71	2429.57
15	16421.44	86891.77	14141.45	80660.24	17514.36	10268.13	2743.77
16	8157.57	87534.49	16421.44	86891.77	25891.1	4786.79	2844.6
17	8135.57	84694.85	8157.57	87534.49	17035.26	3781.54	2849.85
18	8149.42	81835.17	8135.57	84694.85	17018.56	3779.65	2853.39
19	8162.59	78970.1	8149.42	81835.17	17037.83	3781.83	2856.81
20	8871.18	77059.8	8162.59	78970.1	17461.17	3851.35	2964.84
21	19501.86	77230.8	8871.18	77059.8	10496.84	9105.71	3254.39
22	21950.79	81134.7	19501.86	77230.8	21434.15	10759.3	3567.99
23	24500.62	84709.82	21950.79	81134.7	23250.27	11033.87	3881.59
24	11528.88	80394.09	24500.62	84709.82	35172.18	5800.61	3865.6
25	10178.6	67534.93	11528.88	80394.09	22044.1	4289.83	3870.85
26	10035.2	54620.17	10178.6	67534.93	20622.64	4128.98	3831.91
27	9891.51	41854.51	10035.2	54620.17	20415.96	4105.59	3792.85
28	8562.0	27570.56	9891.51	41854.51	20267.04	4085.96	3600.1
29	6523.2	13491.26	8562.0	27570.56	18209.13	3857.59	3102.78
30	0.0	0.05	6523.2	13491.26	14568.86	3669.24	1384.4

Accelerazione critica (kc).../g Kc=1.01
Accelerazione critica (kc)...=9.908 m/sec²

FIG. 3 – SUPERFICIE A FATTORE MINIMO $F_s = 3.99$ (su 42 calcolate)

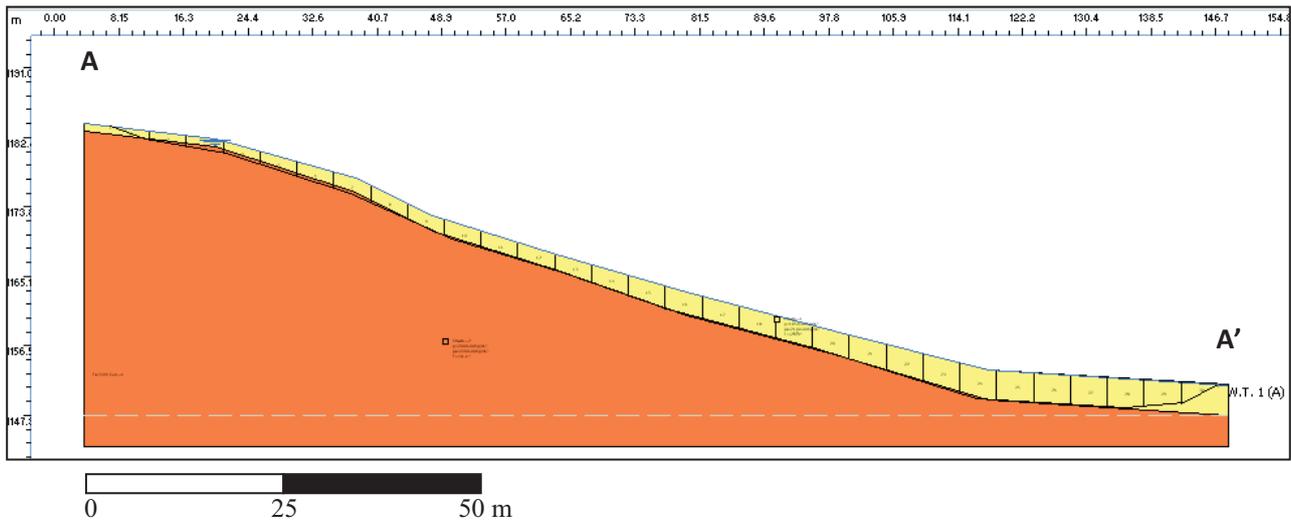
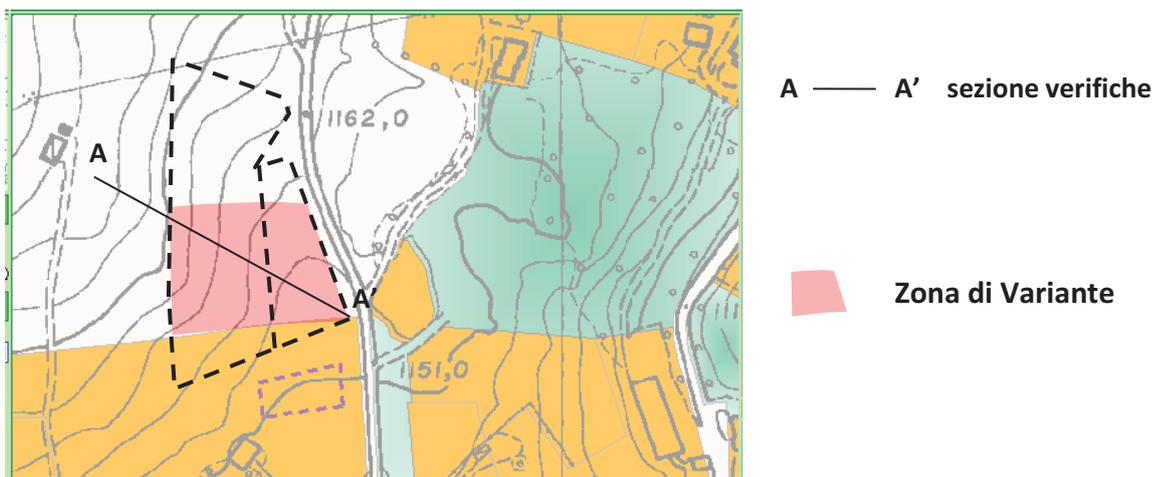


FIG. 4 – TRACCIA DI SEZIONE VERIFICHE STABILITA'



In conclusione, l'area osservata si trova in condizione di **stabilità** e la realizzazione di eventuali interventi edilizi non produrrà variazioni degli equilibri esistenti.



DOTT. GEOL. ANDREA ZANOTTI
ISCRITTO ALL'ORDINE REGIONALE DEI
GEOLOGI CON IL NUMERO 558

rilasciato in senso di uso di tale relazione da parte del Comune per scopi di tipo pianificatorio.