



COMUNE DI MASSA E COZZILE

Sindaco <i>Sig.ra Marzia Niccoli</i>	
Assessore all'Urbanistica <i>Sig.ra Marzia Niccoli</i>	Gruppo di progettazione <i>Arch. Marzia Tesi</i> <i>Dott. Geol. Alessandro Paoli</i> <i>Geom. Massimo Rondini</i> <i>Geom. Roberto Maccanti</i>
Responsabile del procedimento <i>Dott. Arch. Mazia Tesi</i>	
Garante della comunicazione <i>Roberto Bernardini</i>	ANNO 2016 – Approvazione Novembre 2016

VARIANTE N. 3 AL REGOLAMENTO URBANISTICO

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA DI SUPPORTO



Il Geologo
Dott. Alessandro Paoli



INDICE

1. - PREMESSA	3
2. - MODELLAZIONE GEOLOGICA	5
2.1 – Generalità	5
2.2 – Cenni di geologia generale	6
2.3 – Geologia, geomorfologia di dettaglio e litologia	7
2.4 – Idrogeologia e idrografia	9
2.5 – Vulnerabilità dell'acquifero	9
2.6 – Autorità di Bacino Fiume Arno	10
3. – INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO	10
3.1 – Stratigrafia mediante indagini penetrometriche	11
3.2 – Indagine sismica MASW	12
4. –PERICOLOSITA' DELL'AREA AI SENSI DEL REGOLAMENTO 53/R 2011	13
4.1 – Generalità	13
4.2 – La pericolosità geomorfologica e geotecnica	14
4.3 – La pericolosità idraulica	15
4.4 – La pericolosità sismica	15
5. –FATTIBILITA' AI SENSI DEL 53/R/2011	17

FIGURE

<i>Fig. 1 – COROGRAFIA E INQUADRAMENTO GEOLOGICO</i>	<i>(Scala 1 : 5.000)</i>
<i>Fig. 2 – CARTA DEL RETICOLO IDRAULICO</i>	<i>(fuori scala)</i>
<i>Fig. 3 – CARTA DEGLI INDIRIZZI PER LA PROTEZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA</i>	<i>(fuori scala)</i>
<i>Fig. 4 – PLANIMETRIA DI DETTAGLIO</i>	<i>(Scala 1: 1.000)</i>
<i>Fig. 5 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA</i>	<i>(Scala 1: 1.000)</i>
<i>Fig. 6 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA</i>	<i>(Scala 1: 1.000)</i>
<i>Fig. 7 – CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA</i>	<i>(fuori scala)</i>
<i>Fig. 8 – CARTA DELLE FREQUENZE</i>	<i>(fuori scala)</i>
<i>Fig. 9 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA LOCALE</i>	<i>(fuori scala)</i>
<i>Fig. 10 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA</i>	<i>(Scala 1: 1.000)</i>
<i>Fig. 11 - CARTA DELLA FATTIBILITA'</i>	<i>(Scala 1:1.000)</i>

ALLAGATI

All. 1 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE DI RIFERIMENTO

I. - PREMESSA

In attuazione della Deliberazione della Giunta Comunale n. 76/2016 è stata redatta la seguente relazione geologica a supporto della variante urbanistica che interessa un settore di territorio identificato nel Foglio di mappa n. 14, mappali n. 741, n. 442 e n. 240. Gli obiettivi di tale variante sono stati forniti nella deliberazione di cui sopra e nello specifico si richiede di: *"verificare la possibilità di modificare la destinazione e/o modalità di attuazione di alcune zone produttive già definite in D0 così da incentivarne il recupero e/o il perdurare dell'attività produttiva e confermare - ove ne sussistano i presupposti - la pianificazione di secondo livello venuta meno per decorso del quinquennio dall'approvazione del R.U"*.

In base ai presupposti di cui sopra si propone di ridefinire l'area in questione nella cartografia di riferimento (Tav. RU3/UTOE3), implementando l'area stessa e variando la sottozona di appartenenza: da Sottozona D0 *"Zone produttive esistenti ubicate all'interno di aree a destinazione prevalentemente abitativa"* a Sottozona D2 *"Zone Produttive esistenti di completamento"*. Tale variazione comporterà un aumento della volumetria edificabile.

Nella presente Relazione Tecnica sono espresse valutazioni sulla compatibilità tra le previsioni urbanistiche relative alla trasformazione sopra menzionata e le condizioni di pericolosità del territorio dal punto di vista geologico-geomorfologico, idraulico e sismico, oltre che sulla fattibilità stessa degli interventi previsti, in ottemperanza alle normative vigenti quali:

- D.M. 11.03.1988: Norme tecniche sulle indagini su terreni, rocce, la stabilità dei pendii naturali e scarpate, ecc;
- D.P.R.G. 53/R del 25/10/2011 - Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche;

- DGRT n. 741 del 6 agosto 2012 "Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica";
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- La norma sismica relativa alla riclassificazione del territorio regionale, approvata con Del. G.R. n.431 del 19.06.2006, in attuazione della O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 che modifica l'O.P.C.M. n.3274 del 20.03.2003, recentemente sostituita dalla Del.G.R. n.878 del 08.10.2012;
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici - Istruzione per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 Gennaio 2008. Circolare n. 617 del 2009;
- D.P.G.R.T. 36/r del 9 luglio 2009 (Regolamento di attuazione art. 117 commi 1 e 2 della L.R.T. 1/2005 per interventi in zone a rischio sismico);
- Legge Regione Toscana n. 65 del 10 novembre 2014 - Norme per il Governo del Territorio;
- Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (Delibera n. 231 del 22 dicembre 2015);
- Del.C.R.T. 27/03/2015 n. 37 Approvazione del Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico;
- D.P.C.M. 05/11/99: Piano di Bacino del Fiume Arno: "Stralcio - Riduzione del Rischio idraulico";

In particolare nella presente Relazione Tecnica s'illustra la geologia e l'idrogeologia dell'area indagata e la stratigrafia di massima dei terreni d'interesse. In particolare l'area oggetto di variante è stata aggiornata rivedendo le condizioni di pericolosità geologica, geomorfologica ed idraulica definite nell'attuale Regolamento Urbanistico, in conformità con quanto disposto dal D.P.R.G. 53/R del 25/10/2011. Relativamente alle problematiche di carattere sismico, al fine definire la specifica classe di pericolosità, si è fatto riferimento agli studi di Microzonazione Sismica eseguiti dall'Amministrazione ed approvati dal Settore Sismica Regionale con Verbale della Regione Toscana assunto al Protocollo dell'Ente in data 10.08.2015 n. 8410 "O.C.D.P.C. 52/2013 - Art. 2, comma 1 lett. a) Studi di Microzonazione Sismica e Analisi delle Condizioni Limite per l'emergenza di cui alla Del. GRT n. 971/2013: Approvazione indagini e studi di Microzonazione Sismica Comunale, Analisi CLE ed erogazione saldo".

2. - MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 – Generalità

L'area oggetto di variante è posta ad una quota media di circa 41.0 metri s.l.m., si trova in una zona pianeggiante a ridosso delle propaggini collinari che caratterizzano la porzione nord del territorio comunale. Il sito si ubica nella Località Mortineto, raggiungibile tramite la Via Vespucci.

In particolare, per quanto attiene alle caratteristiche morfometriche del lotto abbiamo che questo è caratterizzato da un primo tratto praticamente pianeggiante che caratterizza circa l'80% della superficie complessiva, mentre la rimanente porzione, localizzata sul margine nord è contraddistinta da un aumento dell'acclività il cui valore medio è di circa il 30% (zona di contatto tra i depositi alluvionali di fondovalle ed il substrato litoide dei rilievi collinari).

2.2 – Cenni di geologia generale

Il territorio del Comune di Massa e Cozzile si sviluppa lungo il limite settentrionale della Valdienievole con forma allungata N-S che ne determina una notevole diversificazione altimetrica, presentando porzioni collinari-montane a settentrione, fondovalle ed aree blandamente acclivi nella parte centrale e zone pianeggianti a sud.

Per quanto attiene alle caratteristiche geologiche la porzione settentrionale è caratterizzata da rilievi collinari che costituiscono i primi contrafforti appenninici ed in cui affiorano i litotipi tipici della formazione del "macigno" appartenete alla Successione Toscana ("Falda Toscana" autoctona), costituita da arenarie quarzose feldspatiche Oligoceniche di tipo turbiditico a grana minuta e media in strati talora di notevole spessore, alternati a livelli siltosi e argillosi.

La parte meridionale del territorio comunale è costituita dalla pianura alluvionale originata dal colmamento della vasta depressione lacustre d'età Villafranchiana di cui il Padule di Fucecchio costituisce l'attuale residuo.

Tale lago si è prodotto a seguito della tettonica distensiva impostasi a partire dal Villafranchiano lungo una serie di faglie bordiere di separazione tra le aree di alto relativo (rilievi a settentrione) e le zone in progressivo abbassamento verso sud.

Le caratteristiche morfologiche dell'area massese rispecchiano chiaramente l'evoluzione tettonica recente che ha interessato l'area della Toscana nord-occidentale a partire dal Miocene sup., periodo nel quale la fase di orogenesi tettonica compressiva determinò il sollevamento dell'edificio appenninico e la formazione degli evidenti e diffusi motivi plicativi e disgiuntivi osservabili nell'ambito delle formazioni rocciose affioranti.

La successiva fase distensiva, che ha interessato questa zona a partire dal Pliocene Sup., ha dato luogo al verificarsi di movimenti distensivi di abbassamento dei rilievi collinari più meridionali in seguito alla formazione per sprofondamento del

bacino sedimentario del cratere palustre del Padule di Fucecchio (graben), determinando l'assetto strutturale ad oggi osservabile.

L'evoluzione tettonica descritta ha evidentemente condizionato anche l'attuale andamento del reticolo idrografico superficiale, costituito da un assetto centripeto in direzione della depressione del Padule di Fucecchio che costituisce il bacino di accumulo di materiali solidi trasportati dai vari corsi d'acqua della zona.

Evidenti risultano le dislocazioni tettoniche che hanno determinato notevoli movimenti relativi tra i blocchi di roccia sia in occasione della fase compressiva che durante il successivo periodo di distensione della catena appenninica. Tutto ciò si traduce attraverso la formazione di un fitto reticolo di dislocazioni tettoniche il cui andamento mostra chiaramente una preponderanza di direttrici strutturali (pattern) cosiddette appenniniche con direzione media principale nord-est / sud-ovest e secondaria nord-ovest / sud-est originatasi sia durante la fase di formazione dell'edificio appenninico, che in seguito al susseguente periodo distensivo.

Un secondo pattern è rappresentato dagli allineamenti con direzione media est-ovest originatasi durante la fase distensiva che ha portato alla formazione della depressione tettonica del Padule di Fucecchio.

2.3 – Geologia, geomorfologia di dettaglio e litologia

In dettaglio l'assetto geologico e le varie formazioni affioranti nel settore di territorio oggetto della presente variante sono descritte qui di seguito, in ordine dal più antico al più recente (vedi Fig. 1 - COROGRAFIA E INQUADRAMENTO GEOLOGICO):

mg: arenarie di substrato "macigno" in grossi banchi, saltuariamente con siltiti associate.

At: Depositi alluvionali addensati antichi terrazzati (sabbie argillose, ghiaie)

All: Depositi alluvionali sciolti recenti e attuali (argille, limi, sabbie, ghiaie)

dt: Accumuli detritici sciolti di versante (detriti in matrice)

Relativamente alla formazione del "macigno" si tratta di una arenaria quarzoso feldspatica micacea di natura turbiditica con gradazione tipica: grossolana alla base, argillitica o siltitica-marnosa al tetto. L'arenaria è costituita da abbondante quarzo, frequenti feldspati, biotite, muscovite, clorite e minerali accessori quali: il granato, zircone e tormalina.

Tale formazione si ritrova nella porzione nord / nord-ovest del lotto oggetto di variante, dove si rinvencono le prime propaggini collinari che caratterizzano tutto il settore settentrionale del territorio di Massa e Cozzile. Gli affioramenti rocciosi, nell'area di variante, risultano ad ogni modo mascherati da una coltre detritica e di alterazione del substrato arenaceo costituita da limi sabbioso argillosi di spessore variabile ma generalmente modesto.

I depositi alluvionali antichi terrazzati sono costituiti da limi sabbiosi, limi argillosi e depositi ciottoloso ghiaiosi. Il grado di addensamento e consistenza è generalmente medio - elevato, il che conferisce generalmente a tale deposito ottime proprietà geomeccaniche. Questo è presente nella porzione centrale del sito.

I depositi alluvionali attuali e recenti sono costituiti da limi sabbiosi, limi argillosi e procedendo in profondità si assiste ad un aumento della frazione grossolana ciottoloso ghiaiosa. Il grado di addensamento e consistenza è generalmente contenuto e/o scadente, il che fa sì che tali depositi siano generalmente contraddistinti da mediocri parametri geomeccanici e elevati coefficienti di compressibilità volumetrica.

Si rinvencono inoltre aree caratterizzate dalla presenza di terreni detritici e di alterazione, che comunque non interessano il settore oggetto di variante. Si tratta di terreni costituita da limi, sabbie, argille e ghiaie ad assetto scompaginato e caotico.

2.4 – Idrogeologia e idrografia

Per quanto attiene alla circolazione idrica sotterranea la presenza di acqua è stata valutata sulla base della cartografia redatta in occasione della stesura del Piano Strutturale, ed in particolare si è fatto riferimento alla Tavola QC08 - CARTA IDROGEOLOGICA E DELLE RISORSE IDRICHE. Dall'analisi di tale cartografia si evidenzia che il livello di falda, nei periodi di massima ricarica della stessa, può essere stimato intorno a 1.50÷2.00 metri dal piano di campagna. E' evidente che tale dato dovrà essere opportunamente verificato in fase di intervento diretto mediante la realizzazione di specifiche e puntuali misure piezometriche.

Dal punto di vista idrografico l'asta fluviale di maggiore importanza è rappresentata dal Fosso Grande, che scorre ad alcune decime di metri a sud rispetto al lotto in oggetto, con direzione da nord-est verso sud-ovest, dove poi confluisce nel Torrente Borra, che rappresenta la principale asta torrentizia della zona.

Da rilevare inoltre che il lotto oggetto di intervento è attraversato da un fosso facente parte del Reticolo Idrografico e di gestione definito ai sensi della Legge Regionale n. 79/2012 (Vedi Fig. 2 - CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO).

2.5 – Vulnerabilità dell'acquifero

La Tavola RUg-QC. 14 - CARTA DEGLI INDIRIZZI PER LA PROTEZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA a corredo del Regolamento Urbanistico Comunale evidenzia che il sito in oggetto è interessato da più classi di vulnerabilità e cioè (Vedi Fig. 3):

CLASSE 1 - vulnerabilità estremamente elevata;

CLASSE 2 - vulnerabilità molto alta;

CLASSE 4 - vulnerabilità media.

Con riferimento a tali argomentazioni, in fase di intervento diretto al fine di salvaguardare la risorsa idrica, i progettisti dovranno rispettare le prescrizioni di cui all'Art. 91 delle NTA del Regolamento Urbanistico Comunale.

2.6 – Autorità di Bacino Fiume Arno

L'Autorità di Bacino del Fiume Arno ha approvato definitivamente ai sensi dell'Art. 4 comma 3 del D.Lgs. 219/2010, con Deliberazione n. 235 del 3 marzo 2016 il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale. Sulle aree interessate da pericolosità di alluvione trovano applicazioni le misure di salvaguardia approvate dal Comitato Istituzionale.

L'area oggetto di variante ricade in Zona P1 - Aree a pericolosità bassa.

In tali aree sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio.

Al riguardo si precisa che tale area, sulla base degli studi realizzati, non è interessata da fenomeni di alluvionamento per tempi di ritorno minori o uguali a 200 anni. Pertanto in ragione di ciò non si ravvisa il ricorso a condizionamenti finalizzati alla mitigazione e gestione del rischio derivante dall'utilizzazione del lotto.

3. – INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

Al fine della ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno oggetto della presente Variante Urbanistica si è fatto riferimento alle seguenti indagini geognostiche, messe a disposizione della Proprietà del lotto e dai Tecnici da loro incaricati per la progettazione degli interventi, consistenti in:

- n. 2 prove penetrometriche eseguite con penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta, in modalità di avanzamento statico

(CPT) e dinamico (SPT), volte a verificare puntualmente i parametri geotecnici dei terreni per il tratto di profondità raggiunto da dette indagini (vedi All. 1);

- n. 1 stesa sismica MASW per la determinazione della velocità delle onde sismiche S_h e per la valutazione del parametro V_{s30} (vedi All. 1).

3.1 – Stratigrafia mediante indagini penetrometriche

La prova di tipo statico (CPT) consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori di resistenza alla punta (R_p) e della Resistenza laterale locale (R_p/R_l). Dal valore dei parametri R_p e R_l è possibile ricavare il "Rapporto di Begemann" (R_p/R_l), attraverso il quale si risale alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito (φ) per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (C_u) per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (mv).

La ricostruzione litostratigrafica media locale, effettuata sulle due prove penetrometriche statiche di riferimento ubicate come in Fig. 4 - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO, è la seguente:

<u>da m 0.0 a m 2.4</u> Orizzonte "A"	Argille debolmente limose moderatamente consistenti ($R_p=8.3-13.3$ kg/cmq * $C_u=0.40-0.60$ kg/cmq * $\varphi= 32.0^\circ$ * $\gamma=1.80$ t/mc * $mv=0.019-0.033$ cmq/kg)
<u>da m 2.4 a m 3.6÷4.6</u> Orizzonte "B"	Argille limose mediamente consistenti e addensate ($R_p=16.9-18.3$ kg/cmq * $C_u=0.71-0.75$ kg/cmq * $\varphi=27.3-28.0^\circ$ * $\gamma=1.85$ t/mc * $mv=0.015-0.017$ cmq/kg)
<u>da m 3.6÷4.6 in poi</u> Orizzonte "C"	Limi sabbiosi e sabbie da mediamente addensate a addensate ($R_p=55.0-75.0$ kg/cmq * $C_u=0.00$ kg/cmq * $\varphi= 31.0-32.0^\circ$ * $\gamma=1.90$ t/mc * $mv=0.004-0.006$ cmq/kg)

Il livello di falda, rilevato in data 07.08.2015, è stato rinvenuto alla profondità di circa 1.20 metri dal piano di campagna attuale.

3.2 – Indagine sismica MASW

Al fine di accertare le caratteristiche sismiche dei terreni in oggetto, ed in particolare per la determinazione della velocità delle onde sismiche V_s e per la valutazione del parametro V_{s30} si è fatto riferimento ad una prospezione sismica MASW ("Multichannel Analysis of Surface waves"), la cui ubicazione è riportata nella Fig. 4 - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO.

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali modello "Echo 12-24" collegato a geofoni verticali. I dati acquisiti sono stati elaborati per la ricostruzione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s), nonché è stato determinato il parametro V_{s30} per la definizione della categoria di sottosuolo.

Pertanto è stato definito il seguente profilo verticale della velocità delle onde V_s :

<i>Orizzonti sismici</i>	<i>Velocità V_s (ms)</i>	<i>Spessore (m)</i>
1	236	6,5
2	310	7,7
3	660	3,7
4	696	12,0

Ai fini della determinazione del parametro V_{s30} è utilizzata, in ottemperanza alla nuova normativa sismica, la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

La suddetta relazione, mediante una media ponderata dei valori delle onde di taglio dei primi 30 metri di profondità consente di determinare il parametro V_{s30} .

Sviluppando il calcolo si ottiene un valore di $V_{s30} = 398$ m/s.

Tale valore consente di definire per l'area in oggetto la seguente categoria di sottosuolo:

B Rocce tenere e depositi di sabbie e ghiaia molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, 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 resistenza penetrometrica NSPT >50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

4. -PERICOLOSITA' DELL'AREA AI SENSI DEL REGOLAMENTO 53/R 2011

4.1 - Generalità

Come accennato in premessa la presente variante consiste nella variazione di sottozona di appartenenza di un lotto con implementazione dello stesso da Sottozona D0 "Zone produttive esistenti ubicate all'interno di aree a destinazione prevalentemente abitativa" a Sottozona D2 "Zone Produttive esistenti di completamento". Tale variazione di sottozona consentirà di ampliare la volumetria edificabile all'interno dell'area di variante.

In merito all'aggiornamento delle condizioni di pericolosità ai sensi del DPGR n. 53/R del 25 ottobre 2011, si fa presente che il quadro conoscitivo di carattere geologico-geomorfologico, idraulico ed idrogeologico sul quale è impiantato il Regolamento Urbanistico Vigente, rimane valido ai fini della presente variante puntuale al Regolamento Urbanistico. In merito all'attribuzione delle condizioni di pericolosità sismica sul lotto di oggetto di variante si fa presente che l'Amministrazione Comunale ha realizzato gli studi di Microzonazione Sismica per l'intero territorio comunale, approvati dal Settore Sismica della Regione Toscana come da verbale assunto al Protocollo dell'Ente in data 10.08.2015 al n. 8410.

Nei paragrafi che seguono si illustrano i criteri impiegati per la redazione delle nuove carte delle pericolosità adeguate al regolamento 53/R.

4.2 – La pericolosità geomorfologica e geotecnica

Le classi di pericolosità geologica definite nel Regolamento Urbanistico vigente ricomprese nell'area oggetto di variante sono state comparate con le disposizioni di cui al Regolamento Regionale 53/R del 2011. La sintesi di tale comparazione è riportata nella Tabella 1 di correlazione che segue:

Tabella 1

CLASSIFICAZIONE RU vigente		CLASSIFICAZIONE 53/R	
3b	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA-LITOTECNICA MEDIO BASSA. Aree collinari e pedecollinari a pericolosità tendente alla classe inferiore in quanto con condizioni geologiche e morfologiche favorevoli che limitano la possibilità di insorgenza di situazioni di instabilità conclamata (aree di spianata, zona dorsale, aree di affioramento della roccia).	G.2	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA. Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%..
2	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA-LITOTECNICA BASSA. Aree stabili di fondovalle e di pianura con sottosuolo normal consolidato relativamente alle caratteristiche stratigrafico-geotecniche dei terreni.	G.1	PERICOLOSITÀ GEOLOGICA BASSA. Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Pertanto il lotto oggetto di variante è caratterizzato ai sensi del suddetto regolamento dalle seguenti classi di pericolosità:

Pericolosità Geologica BASSA (G1) (vedi Fig. 5 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA), che interessa quasi la totalità del lotto oggetto di sanatoria;

Pericolosità Geologica MEDIA (G2) (vedi Fig. 5 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA), che interessa un modesto lembo di terreno posto sul margine nord del lotto, in corrispondenza delle prime propaggini collinari del territorio comunale massese;

4.3 – La pericolosità idraulica

L'area oggetto di variante non è interessata da allagamenti con tempi di ritorno pari a duecento anni o minori. Pertanto in ottemperanza con il Regolamento Regionale 53/R del 2011 all'area oggetto di variante è stata attribuita la seguente classe di pericolosità:

Pericolosità Idraulica MEDIA (I2) (vedi Fig. 6 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA). Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR \leq 200$ anni.

Rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in condizioni di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

4.4 – La pericolosità sismica

Ai sensi del DPRG n. 53/R del 2011 lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1, eseguito per il territorio comunale ed approvato dal Settore Sismica Regionale, risulta fondamentale per la presente variante puntuale, al fine di definire scelte mirate ed idonee finalizzate alla riduzione del rischio sismico. Di seguito si riportano, per l'area in questione, delle sezioni che riproducono gli elaborati previsti nei suddetti studi di microzonazione sismica.

Tali cartografie hanno consentito, per il sito di interesse, una valutazione degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico, attraverso la rappresentazione degli elementi e delle situazioni di rischio e criticità riscontrate nel quadro conoscitivo e dagli approfondimenti condotti mediante apposita campagna geofisica (DPRG n. 53/R/2011, par. B.7 e par. C.5 delle direttive di cui all'Allegato A).

Sulla base dei risultati e dell'interpretazione delle indagini svolte, la zona in oggetto è stata definita come:

- **Zona stabile suscettibile di amplificazione locali:** *"zone il cui moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche geomorfologiche e/o litostratigrafiche del territorio"*.

Tale perimetrazione è il risultato di interpolazioni fatte sulla base dei risultati di indagini geognostiche, caratteristiche geologiche del sito, interpretazione delle misure HVSR, come evidenziato negli specifici estratti cartografici di Fig. 8 - CARTA DELLE FREQUENZE e Fig. 9 - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA LOCALE.

Dall'analisi delle indagini svolte in occasione della redazione degli studi di Microzonazione Sismica si evidenzia che il sito è caratterizzato dalla seguente successione litostratigrafica media:

- Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (moderatamente addensate e consistenti). Spessore di tale orizzonte compreso tra 3.0÷15.0 metri;
- Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose e argille magre. Spessore di tale orizzonte 3.0÷8.0 metri;
- Substrato alternanza di litotipi stratificati (Macigno con $V_p > 2000$ m/s - $V_s > 800$ m/s).

In ragione delle risultanze di cui sopra e a fronte della tipologia di intervento in progetto prevista con la presente variante, al lotto è stata attribuita in ottemperanza del DPRG 53/R/2011 la seguente classe di pericolosità sismica (vedi Fig. 10: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA):

Pericolosità Sismica Locale ELEVATA (S3). Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

5. -FATTIBILITA' AI SENSI DEL 53/R/2011

Le condizioni di fattibilità geologica, idraulica e sismica, relativamente alla trasformazioni prevista dalla presente Variante al Regolamento Urbanistico, è stata determinata nel rispetto dei disposti di cui al Regolamento Regionale 53/R del 2011. Di seguito si riportano le seguenti classi di fattibilità per gli aspetti connessi al settore geomorfologico, idraulico e sismico e le relative prescrizioni (vedi Fig. 11 - CARTA DELLA FATTIBILITA'):

Fattibilità Geomorfológica con normali vincoli F2 - Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo dell'attività edilizia.

Sono prescritte indagini di approfondimento da condursi ai sensi della normativa tecnica vigente. In particolare le indagini di supporto alla progettazione edilizia dovranno essere estese all'intorno geologicamente significativo in modo da pervenire alla definizione di un modello geologico di riferimento, comprensivo della relativa caratterizzazione stratigrafico-geotecnica e idrogeologica dei terreni. Le indagini dovranno inoltre essere mirate alla valutazione dei cedimenti indotti (assoluti e differenziali) dalla realizzazione delle nuove strutture, nonché valutare l'interazione degli stessi cedimenti con gli edifici esistenti. Per gli interventi che dovessero ricadere in corrispondenza della pendice (porzione nord del lotto in oggetto) si dovranno acquisire, mediante specifici accertamenti anche di carattere geognostico programmati in ottemperanza alla normativa vigente in materia, tutti gli elementi geomorfologici, litologico tecnici, giaciture e idrogeologici per le opportune verifiche di stabilità del pendio medesimo. Gli eventuali interventi di sbancamento dovranno essere supportati

da specifiche verifiche di stabilità comprovanti il mantenimento delle condizioni di sicurezza al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici del lotto. Nel caso di realizzazione di volumetrie interrato dovranno essere valutate le prevedibili sottospinte idrauliche e gli eventuali effetti dovuti agli emungimenti connessi agli scavi sotto falda.

Fattibilità Idraulica con normali vincoli F2 - Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo dell'attività edilizia.

L'area in oggetto non è interessata da eventi alluvionali con tempi di ritorno di $T \leq 200$ anni. Ad ogni modo si prescrive che vengono adottati accorgimenti costruttivi che accrescano le condizioni di sicurezza del manufatto mediante l'innalzamento della quota di calpestio dei piani terra di almeno +20 cm rispetto alla quota delle aree esterne.

Fattibilità Sismica condizionata F3 - Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzate da un medio alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri come quella esaminata, si dovrà realizzare un'adeguata campagna di indagini geofisiche (profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, misure di rumore HVSR, profili sismici MASW) e geotecniche (sondaggi a carotaggio continuo) atte a definire spessori, geometrie e velocità delle onde sismiche dei litotipi sepolti al fine di indirizzare la scelta dell'approccio più opportuno per la valutazione dell'azione sismica, ovvero quello semplificato delle "Categorie di sottosuolo" o quello rigoroso

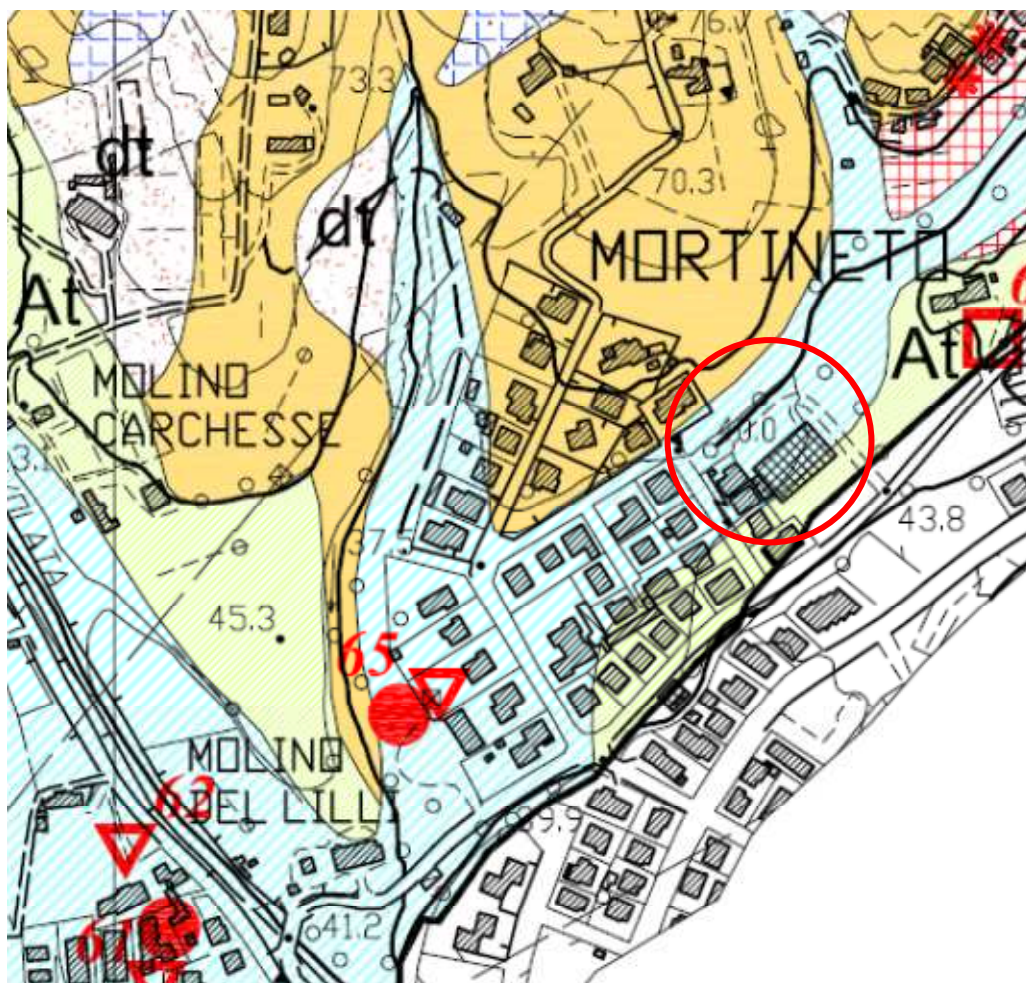
dell'"Analisi di Risposta Simica Locale (RSL)". Nel caso specifico trattandosi della realizzazione di manufatti ad uso industriale con superficie lorda in pianta e volumetria significativa l'analisi rigorosa RSL risulta preferibile.

Massa e Cozzile, 07 novembre 2016

Dott. Geol. Alessandro Paoli



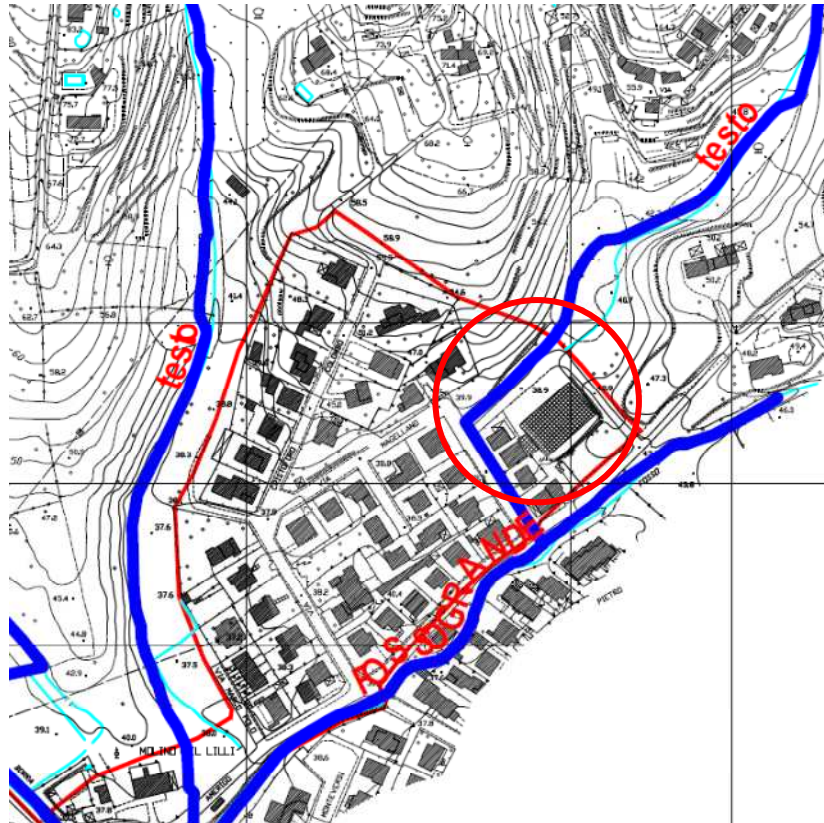
FIG. 1 - COROGRAFIA E INQUADRAMENTO GEOLOGICO



Scala 1:5.000

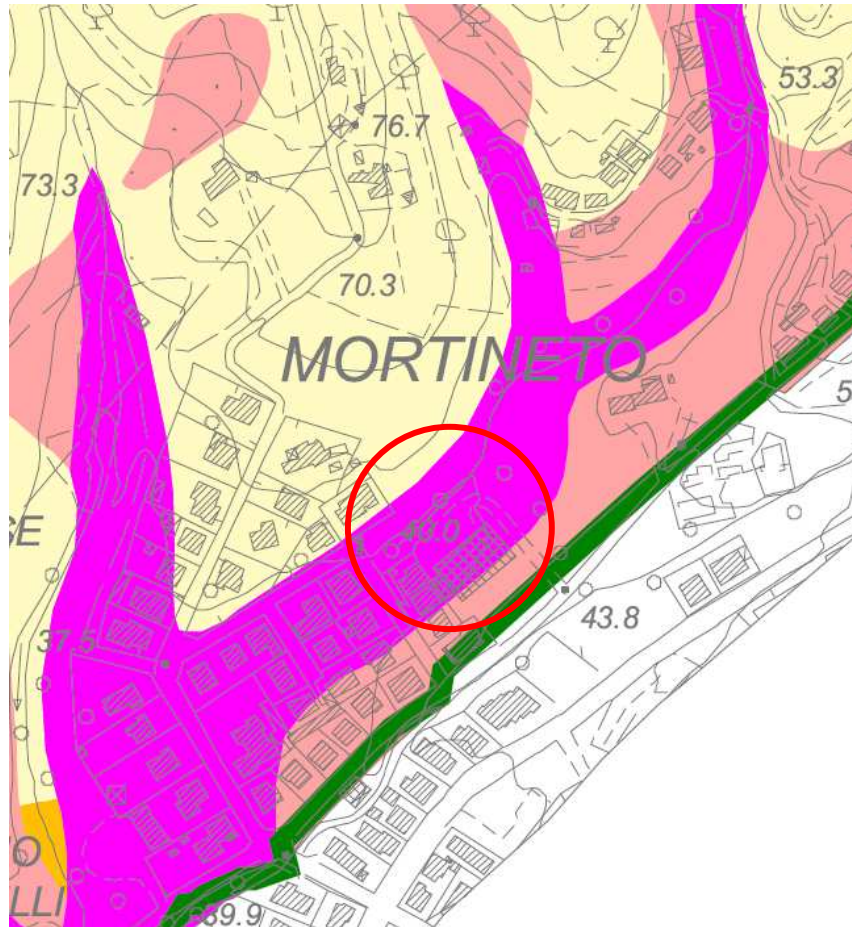


FIG. 2 - CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO



Reticolo Idraulico (L.R. 79/2012)

FIG. 3 - CARTA DEGLI INDIRIZZI PER LA PROTEZIONE DELLA FALDA ACQUIFERA



CONDIZIONI DI VULNERABILITA' DELLA FALDA







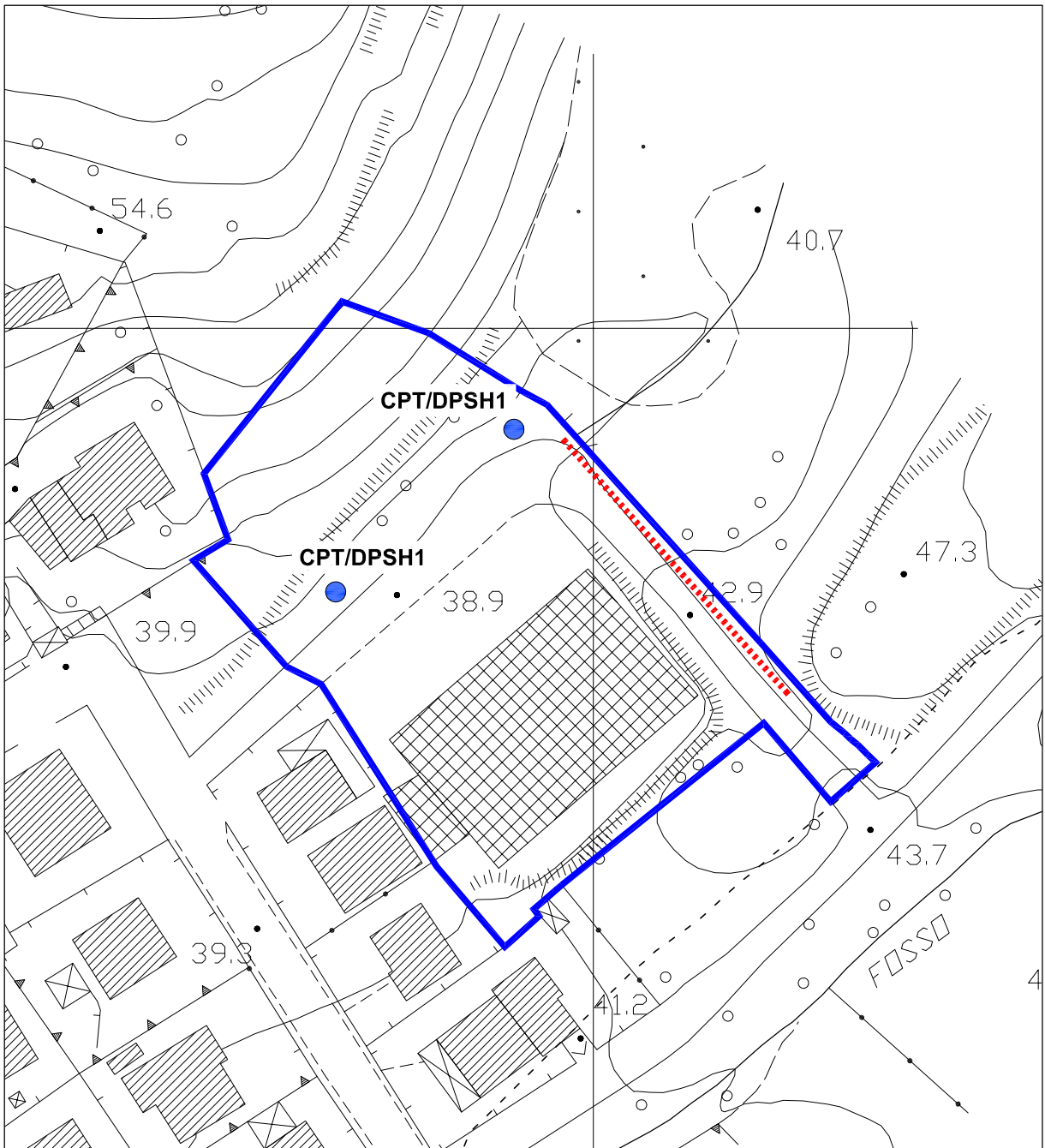
-  CLASSE 1 - vulnerabilità estremamente elevata
-  CLASSE 2 - vulnerabilità molto alta
-  CLASSE 3 - vulnerabilità alta
-  CLASSE 4 - vulnerabilità media
-  CLASSE 5 - vulnerabilità bassa
-  CLASSE 6 - vulnerabilità molto bassa

FIG. 4 - PLANIMETRIA DI DETTAGLIO



Scala 1:1.000

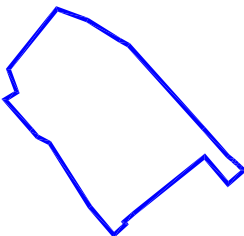
CPT/DPSH1



Ubicazione delle prove penetrometriche di riferimento

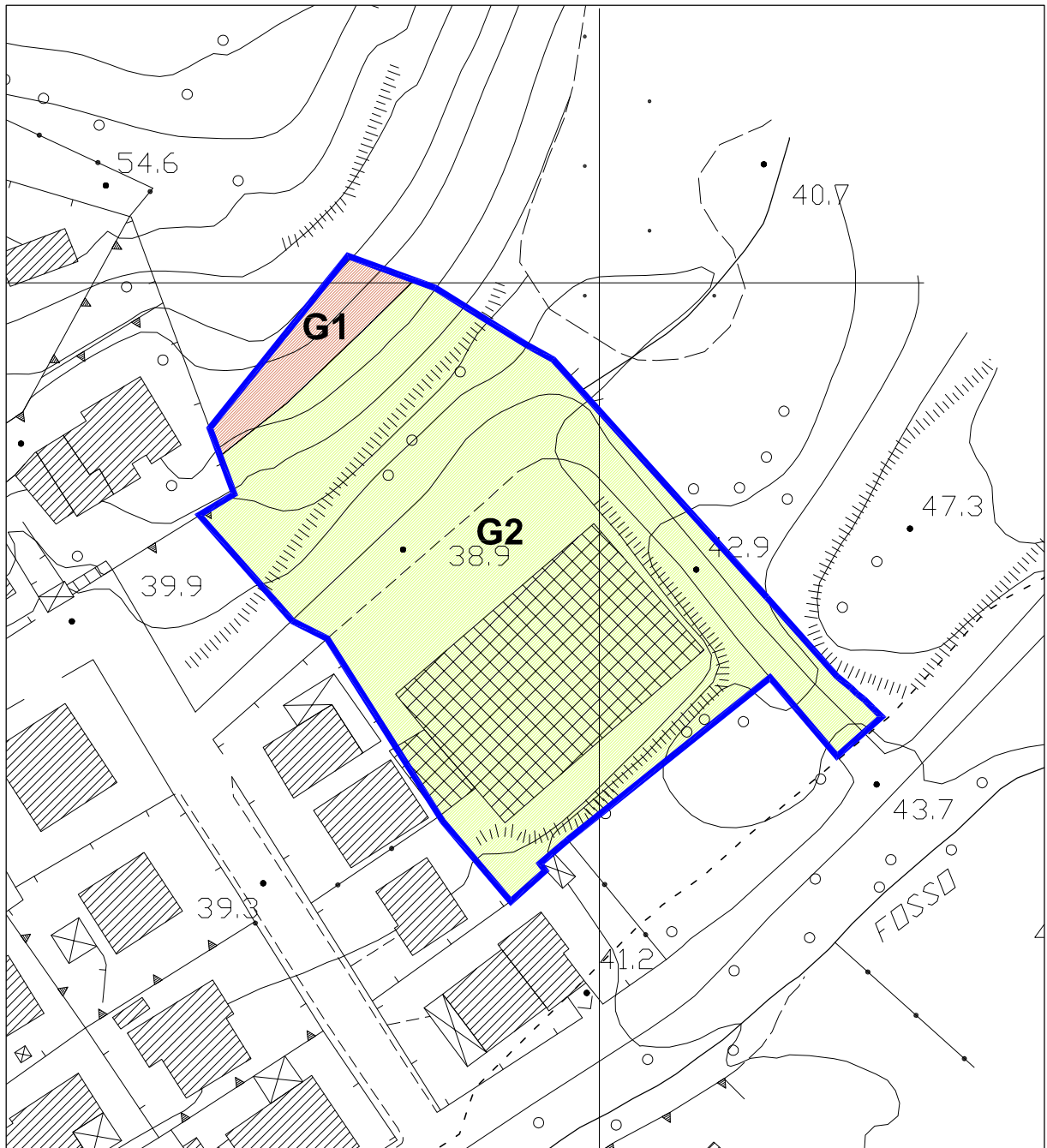


Traccia della stesa sismica MASW di riferimento



Lotto oggetto di variante

FIG. 5 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA



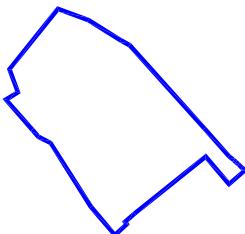
Scala 1:1.000



G1 - Pericolosità Geologica BASSA

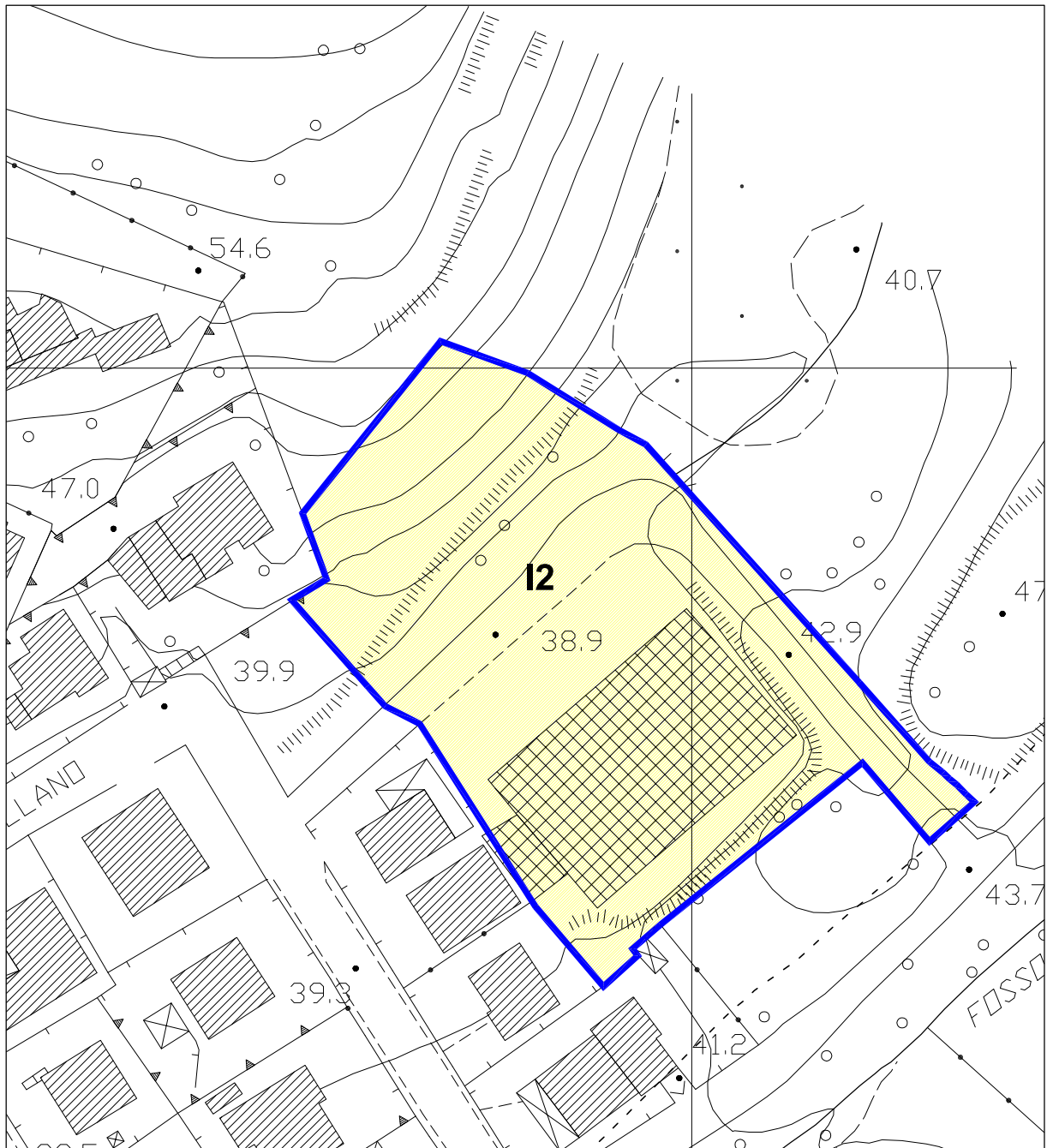


G2 - Pericolosità Geologica MEDIA



Lotto oggetto di variante

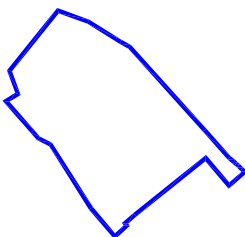
FIG. 6 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA



Scala 1:1.000

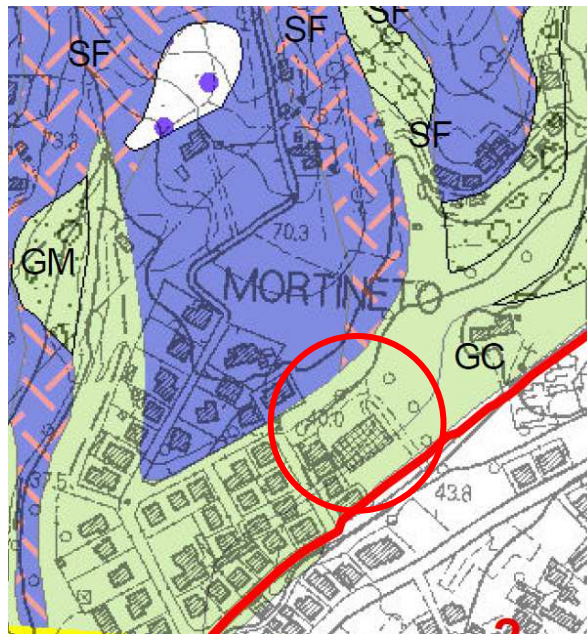


I2 - Pericolosità Idraulica MEDIA






Lotto oggetto di variante

FIG. 7 - CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA





Legenda

Terreni di Copertura

-  Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo - GM
-  Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla - GC
-  Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre - CL




Substrato geologico

-  Alternanza di litotipi stratificato - ALS
-  Substrato geologico molto fratturato o alterato- SF

Forme di superficie e sepolte

-  Falda detritica

Instabilità di versante

-  Frana attiva, non definita
-  Frana quiescente, non definita
-  Frana non definita, non definita

Elementi geologici ed idrogeologici





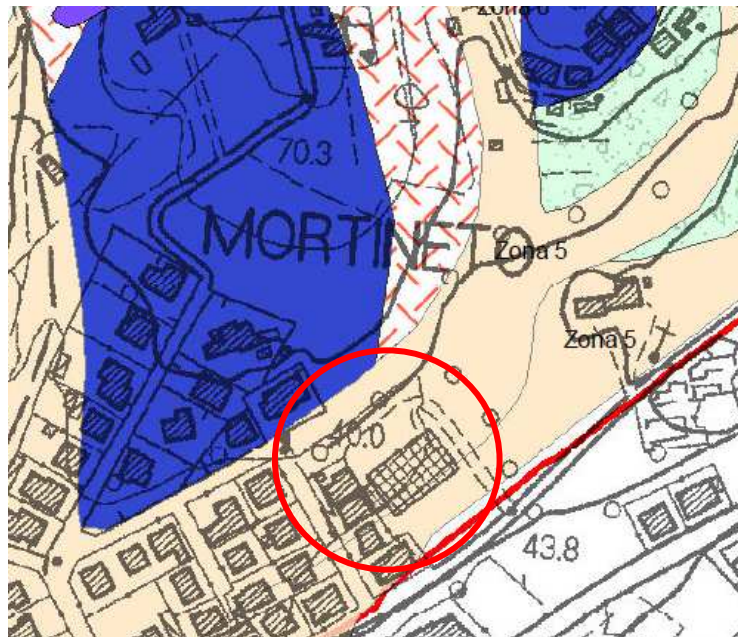

-  Giacitura strati
-  Profondità (m) substrato raggiunto da sondaggio o pozzo
-  Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato
-  Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

FIG. 9 - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA LOCALE




Zone Stabili


 Alternanza di litotipi stratificato


Zone Stabili suscettibili di amplificazione

 Zona "0"

 Zona 1

 Zona 2

 Zona 3

 Zona 4

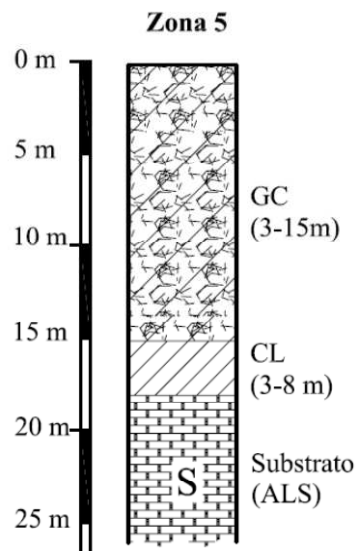
 **Zona 5**

 Zona 6


 Zona 7


 Zona 8


 Zona 9





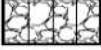
Zone di attenzione per instabilità

 ZAFR_A - Zona di Attenzione per instabilità di versante attiva



 ZAFR_Q - Zona di Attenzione per instabilità di versante quiescente

 ZAFR_ND - Zona di Attenzione per instabilità di versante non definita

Litologia dei terreni di copertura

- CL  Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose e argille magre
- GC  Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla (moderatamente addensate e consistenti)
- GM  Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (moderatamente addensate e consistenti)

Litologia dei terreni del substrato

- ALS  Substrato alternanza di litotipi stratificato (Mac con $V_p > 2000$ m/s - $V_s > 800$ m/s)
- SF  Substrato alternanza di litotipi stratificato, molto alterato e fratturato (Mac)

Zona * zona stabile con pendenze $< 15^\circ$

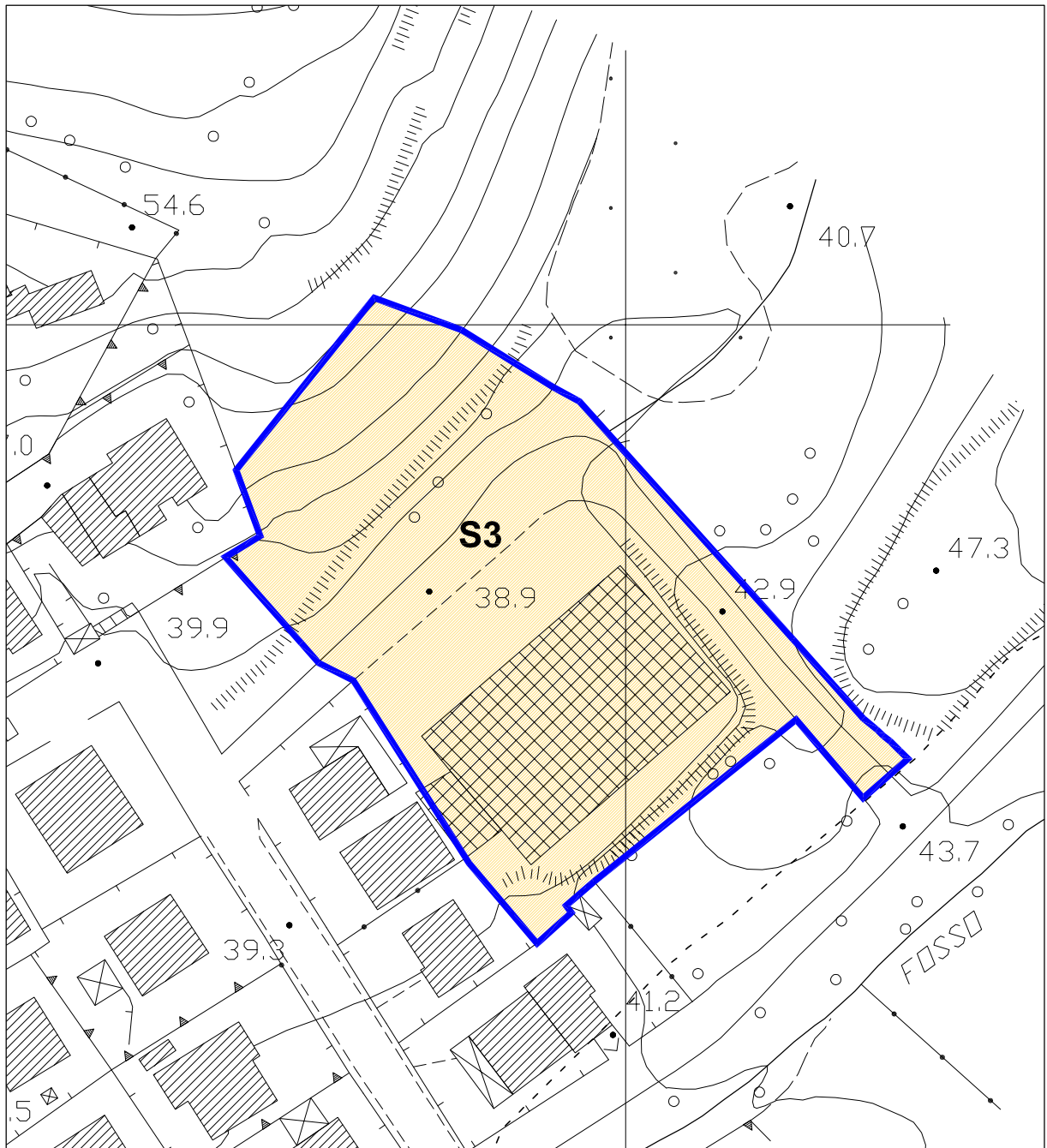
****** copertura CG con presenza, nei primi livelli (circa 10 metri dal p.c.), di materiale sciolto e poco consistente

Le **zone 5 e 6**, localmente, sono caratterizzate dalla presenza di livelli di argille limose prevalenti con intercalazioni ghiaiose attribuibili a CL (formazioni fluvio-lacustri) di 3-5 metri di spessore al di sotto delle alluvioni (all, at) GC.

Le **zona 9** è caratterizzata, nei primi 10 m circa dal p.c., dalla presenza di materiale sciolto e poco consistente (alluvioni all, indicate con GC**) ma gli spessori della copertura sono sempre > 60 m.

Le **zone 7 e 8** sono caratterizzate da alternanze di sabbie limose, argille e ghiaie di origine alluvionale

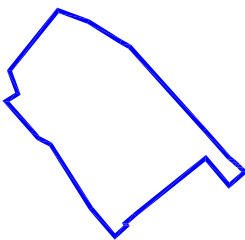
FIG. 10 - CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA



Scala 1:1.000

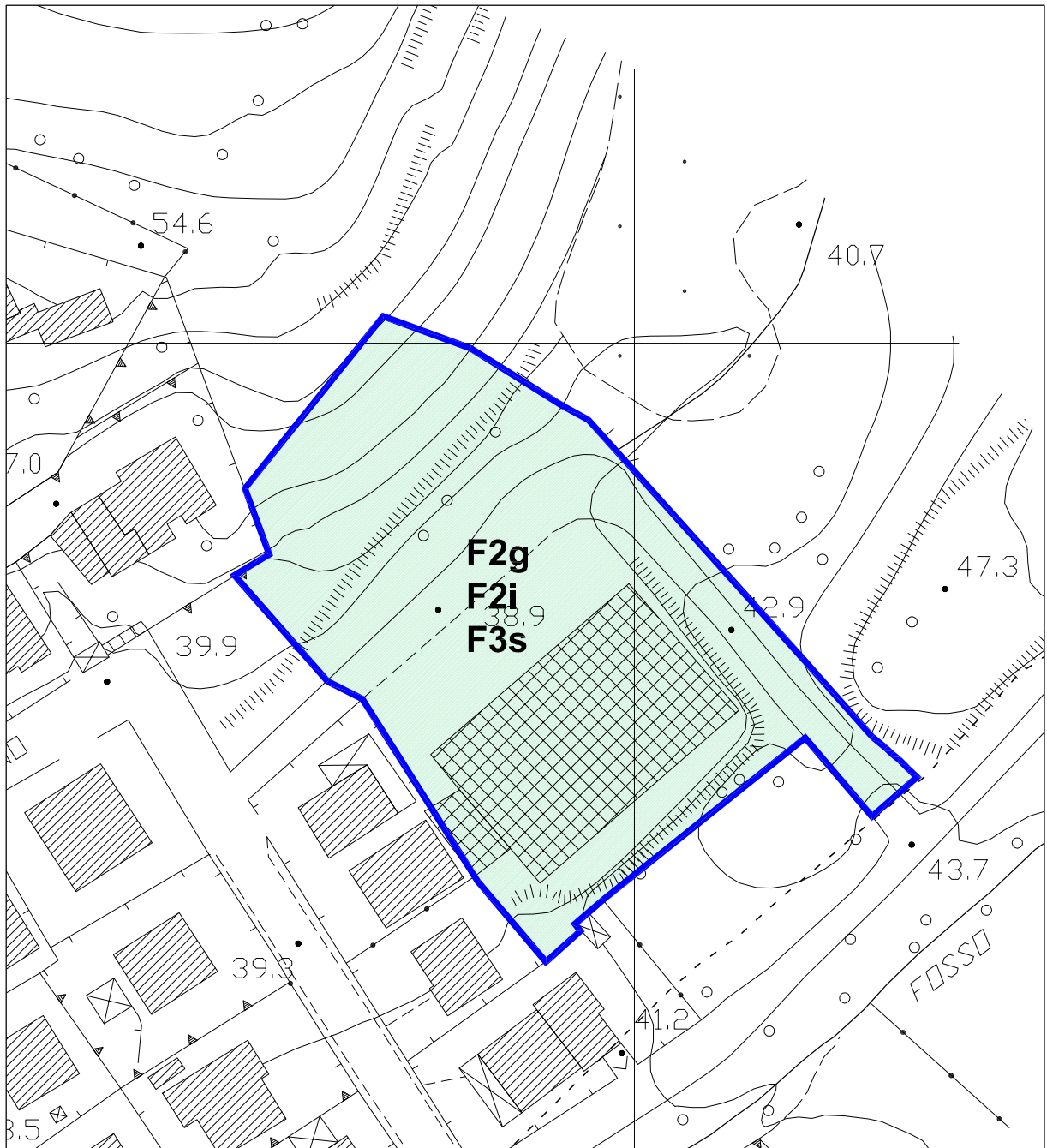


S3 - Pericolosità Sismica Locale ELEVATA



Lotto oggetto di variante

FIG. 11 - CARTA DELLA FATTIBILITÀ



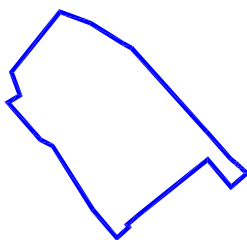
Scala 1:1.000



F2g - Fattibilità Geomorfologica con normali vincoli

F2i - Fattibilità Idraulica con normali vincoli

F3s - Fattibilità Sismica condizionata



Lotto oggetto di variante

INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE DI RIFERIMENTO

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	M _s = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	M _a = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P ₁ = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Q _{spt} = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : N _{spt} = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- note : -1.2m passaggio a CPT

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	43	320,3	----	1	0,60 - 0,80	3	22,3	----	1
0,20 - 0,40	12	89,4	----	1	0,80 - 1,00	2	13,8	----	2
0,40 - 0,60	5	37,2	----	1	1,00 - 1,20	1	6,9	----	2

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

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

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- note : -0.8m passaggio a CPT2

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	41	305,4	----	1	0,40 - 0,60	5	37,2	----	1
0,20 - 0,40	16	119,2	----	1	0,60 - 0,80	3	22,3	----	1

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

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

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

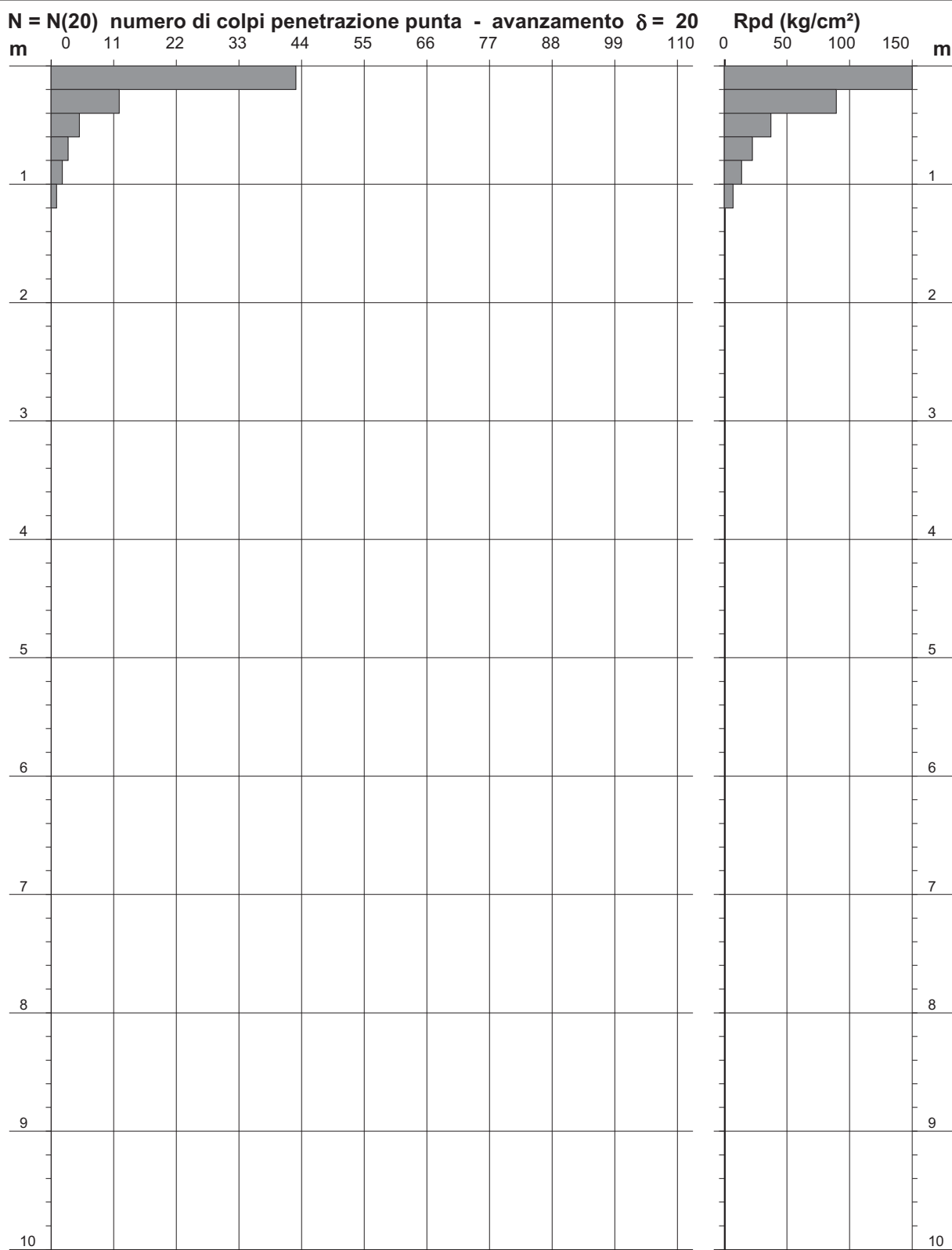
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- note : -1.2m passaggio a CPT

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



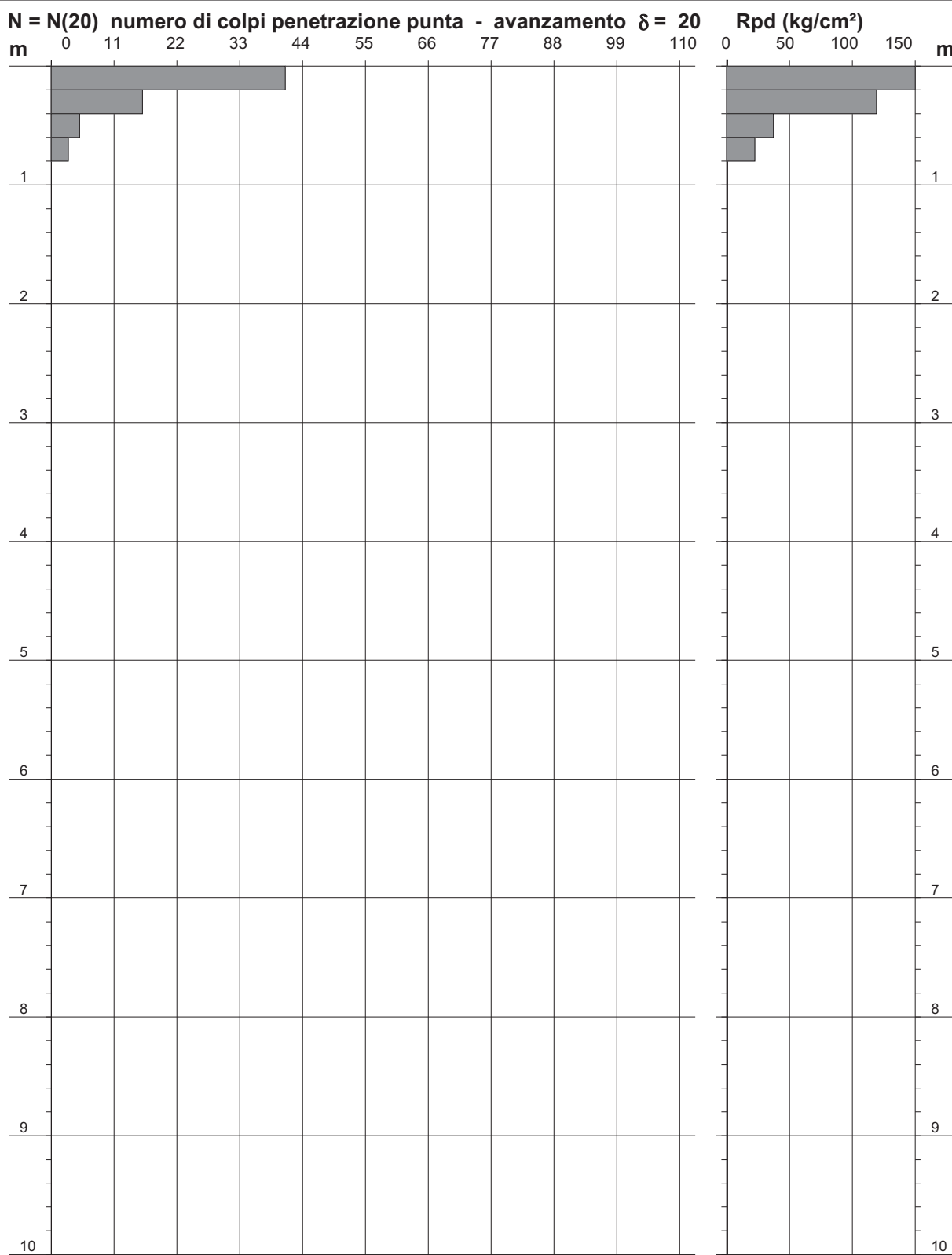
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- note : -0.8m passaggio a CPT2

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

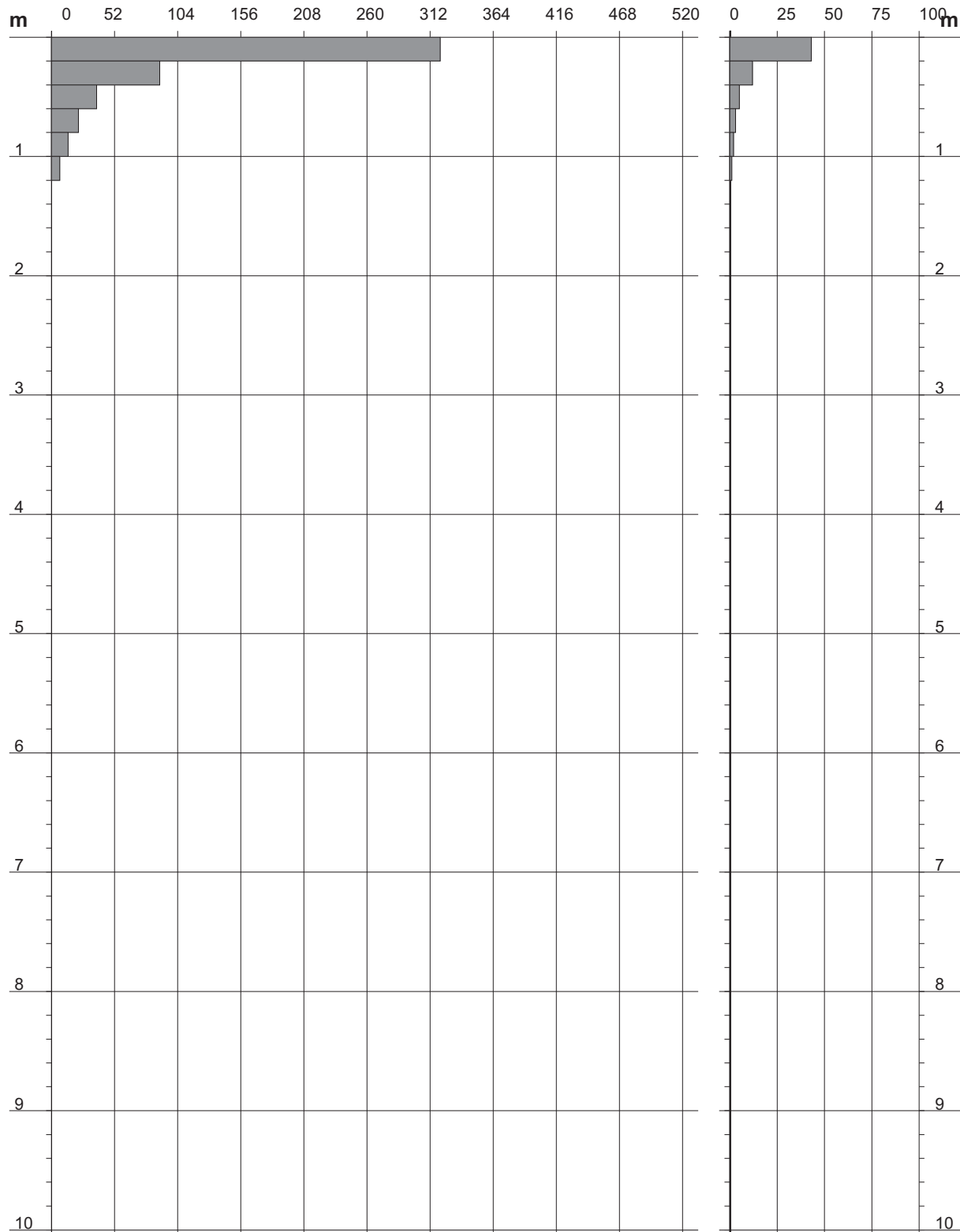
DIN 1
Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

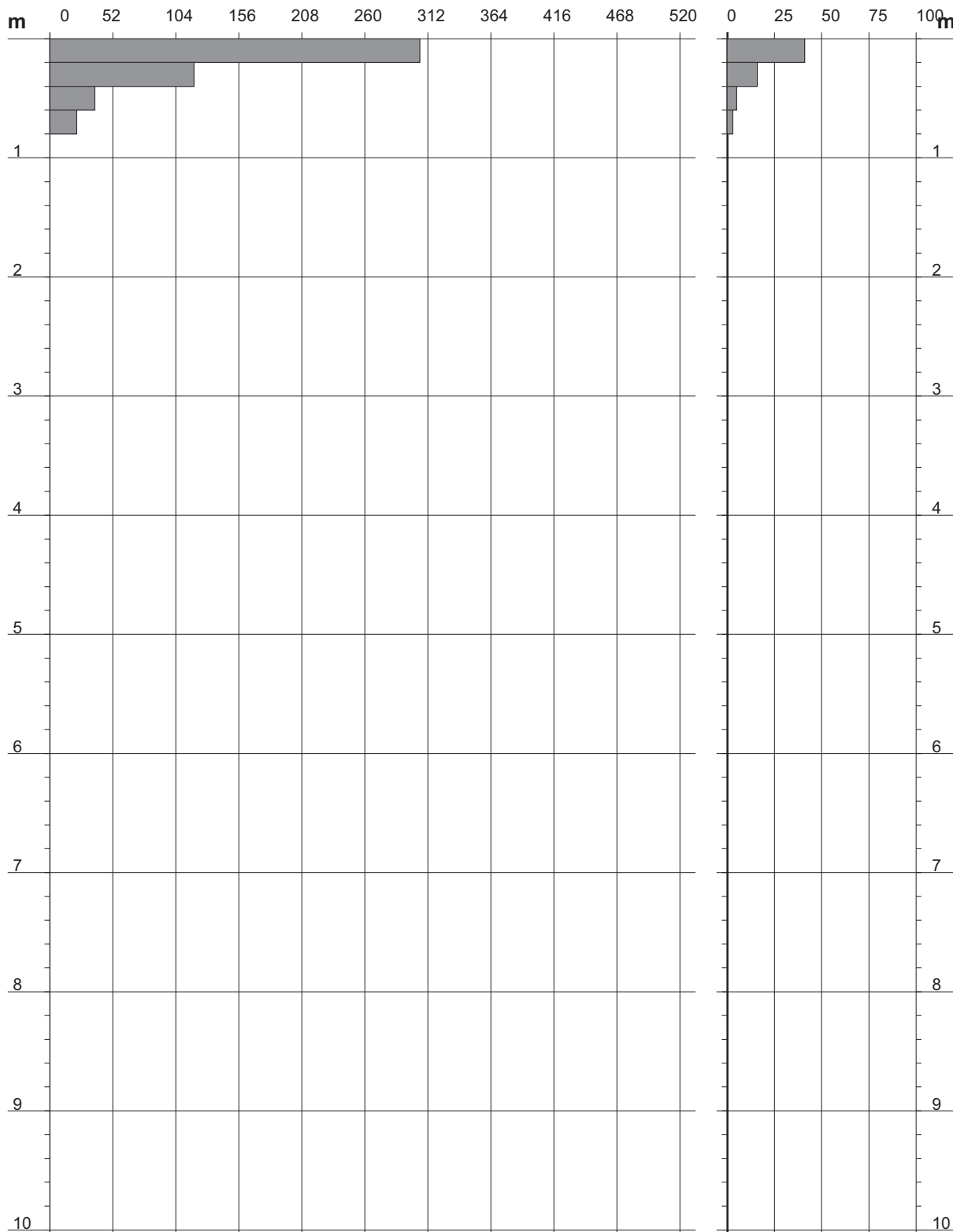
DIN 2
Scala 1: 50

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)

- data : 07/08/2015
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi $\delta = 20$



LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

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

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad q_c \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = L_1 \times C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad f_s \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (L_2 - L_1) \times C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (L_t) \times C_t$$

$$q_c / f_s = \text{rapporto Begemann}$$

- L1. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)

- L2. totale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)

- Lt. aste = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (qc / fs)$

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

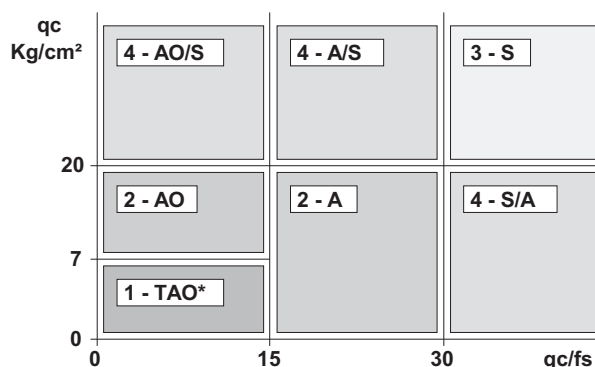
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



NATURA LITOLOGICA

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

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

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - qc - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico] Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc] E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 \emptyset'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme \emptyset'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 \emptyset'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 \emptyset'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto unorme
 \emptyset'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. \emptyset'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -1.2m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH1; falda non rilevata

- pagina n°:

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	2,60	13,0	19,0	13,0	0,47	28,0
0,40	----	----	--	-----	----	2,80	14,0	21,0	14,0	0,47	30,0
0,60	----	----	--	-----	----	3,00	27,0	34,0	27,0	1,53	18,0
0,80	----	----	--	-----	----	3,20	16,0	39,0	16,0	1,27	13,0
1,00	----	----	--	-----	----	3,40	25,0	44,0	25,0	1,27	20,0
1,20	----	----	--	-----	----	3,60	13,0	32,0	13,0	0,93	14,0
1,40	18,0	----	18,0	0,47	39,0	3,80	13,0	27,0	13,0	1,00	13,0
1,60	15,0	22,0	15,0	0,73	20,0	4,00	14,0	29,0	14,0	1,27	11,0
1,80	10,0	21,0	10,0	0,47	21,0	4,20	14,0	33,0	14,0	1,20	12,0
2,00	9,0	16,0	9,0	0,33	27,0	4,40	17,0	35,0	17,0	1,33	13,0
2,20	20,0	25,0	20,0	0,87	23,0	4,60	20,0	40,0	20,0	-----	----
2,40	8,0	21,0	8,0	0,40	20,0	4,80	75,0	0,0	75,0	-----	----

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -0.8m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH2; falda non rilevata

- pagina n°:

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	2,20	8,0	20,0	8,0	0,73	11,0
0,40	----	----	--	-----	----	2,40	10,0	21,0	10,0	0,47	21,0
0,60	----	----	--	-----	----	2,60	15,0	22,0	15,0	0,47	32,0
0,80	----	----	--	1,33	----	2,80	14,0	21,0	14,0	0,67	21,0
1,00	10,0	30,0	10,0	0,93	11,0	3,00	16,0	26,0	16,0	0,93	17,0
1,20	7,0	21,0	7,0	0,40	17,0	3,20	14,0	28,0	14,0	1,20	12,0
1,40	5,0	11,0	5,0	0,40	12,0	3,40	17,0	35,0	17,0	1,47	12,0
1,60	4,0	10,0	4,0	0,40	10,0	3,60	34,0	56,0	34,0	1,53	22,0
1,80	5,0	11,0	5,0	0,27	19,0	3,80	55,0	78,0	55,0	-----	----
2,00	17,0	21,0	17,0	0,80	21,0						

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

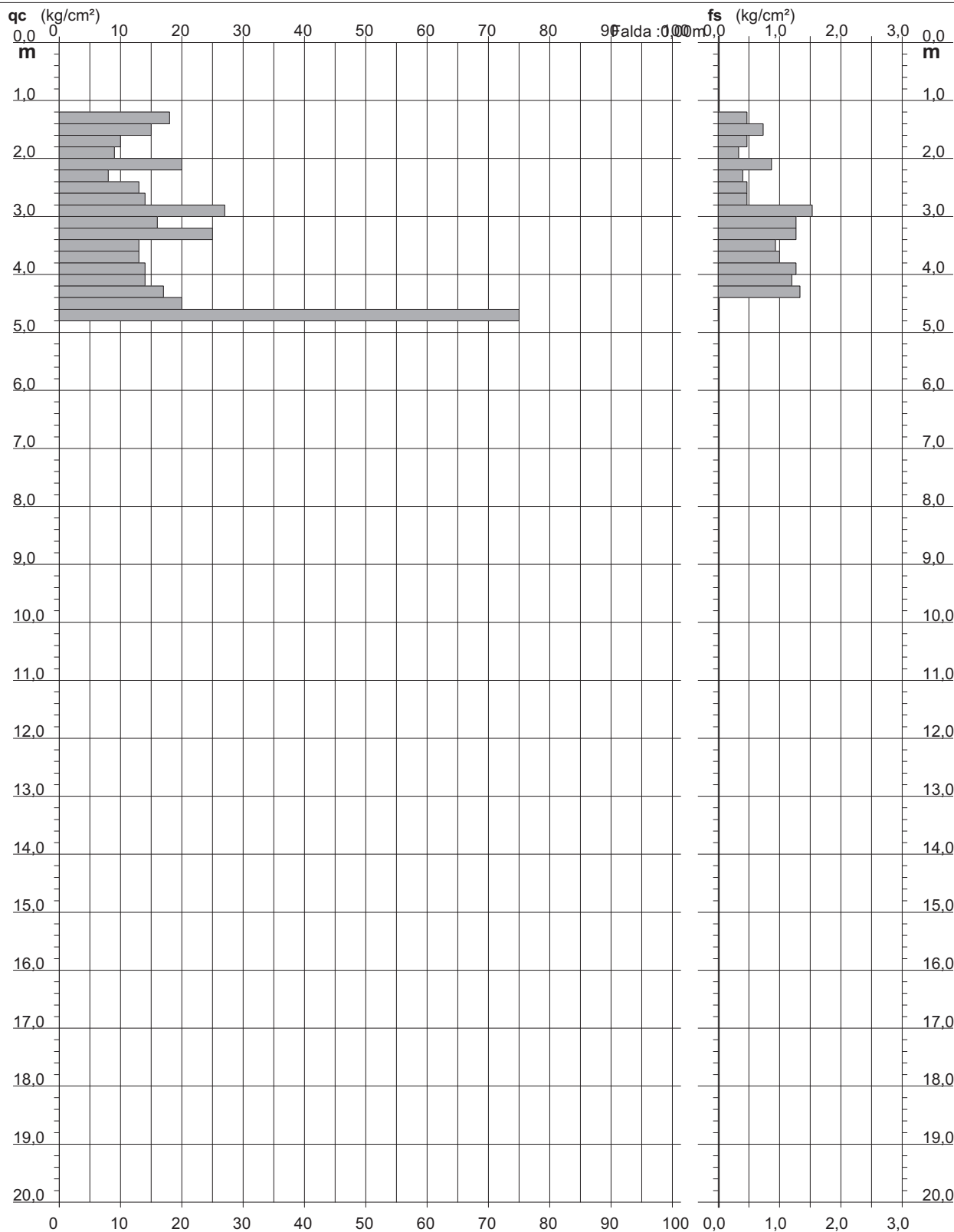
2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -1.2m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH1; falda non rilevata

- pagina n°:



PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

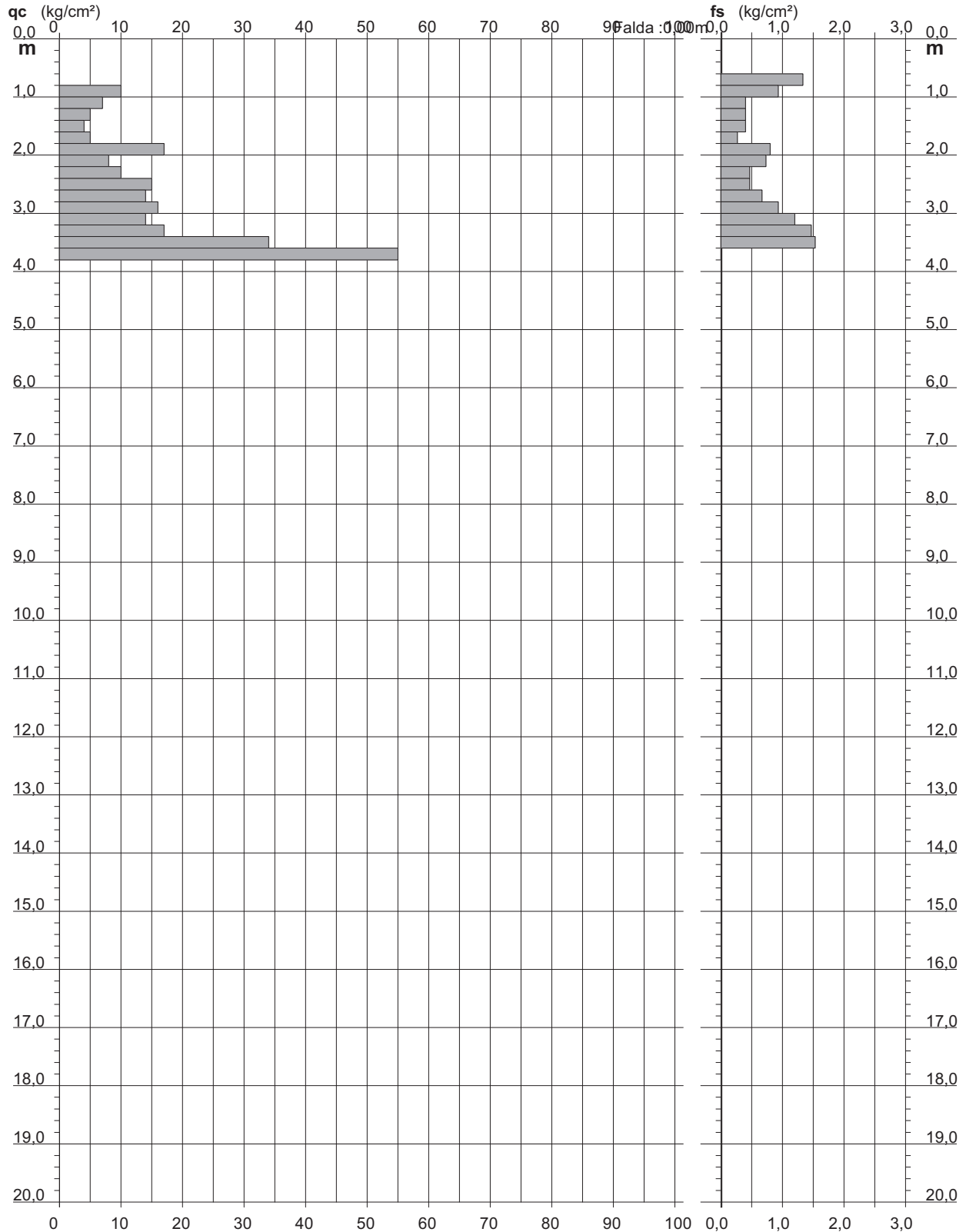
2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -0.8m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH2; falda non rilevata

- pagina n°:



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

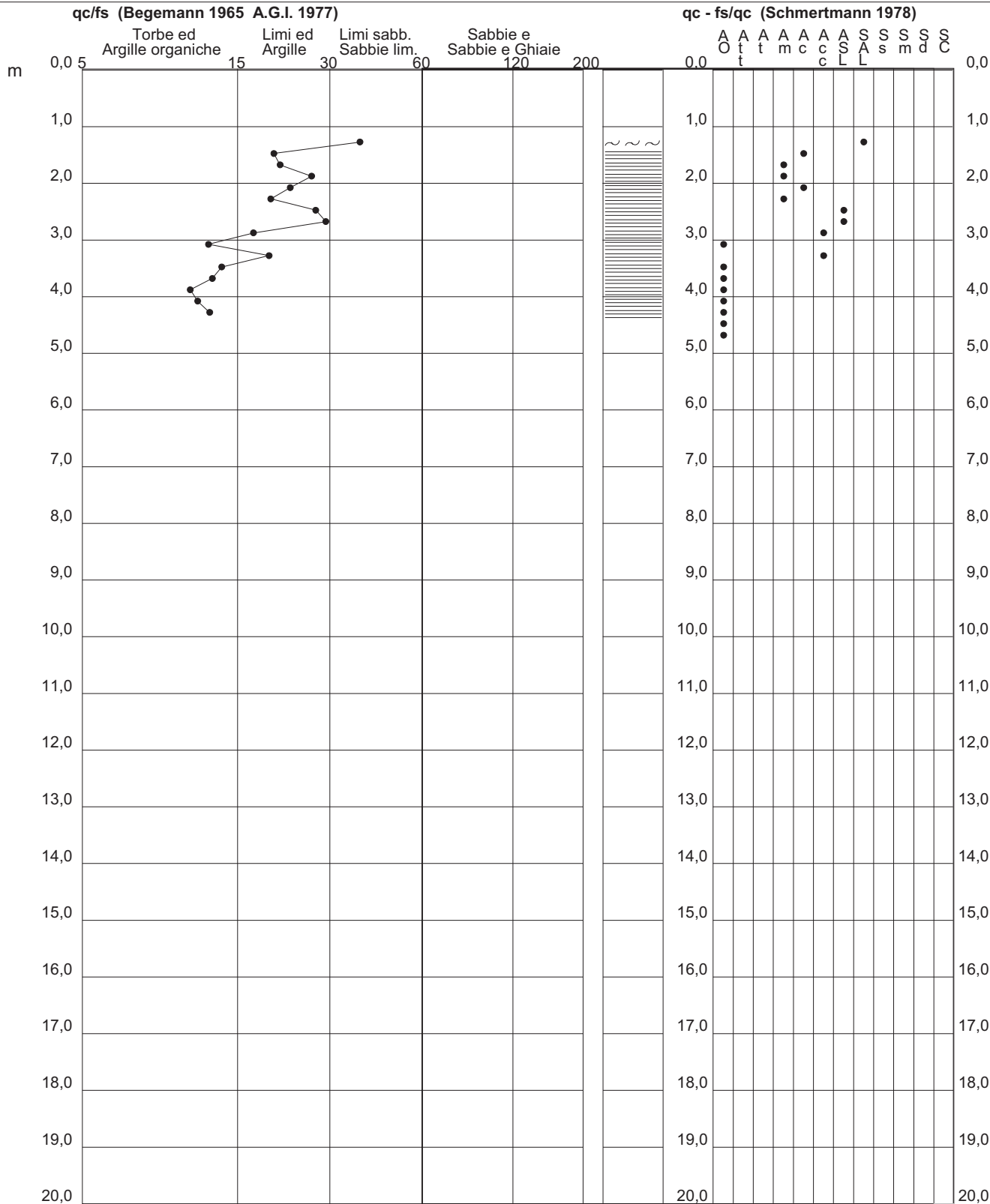
2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -1.2m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH1; falda non rilevata

- pagina n°:



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

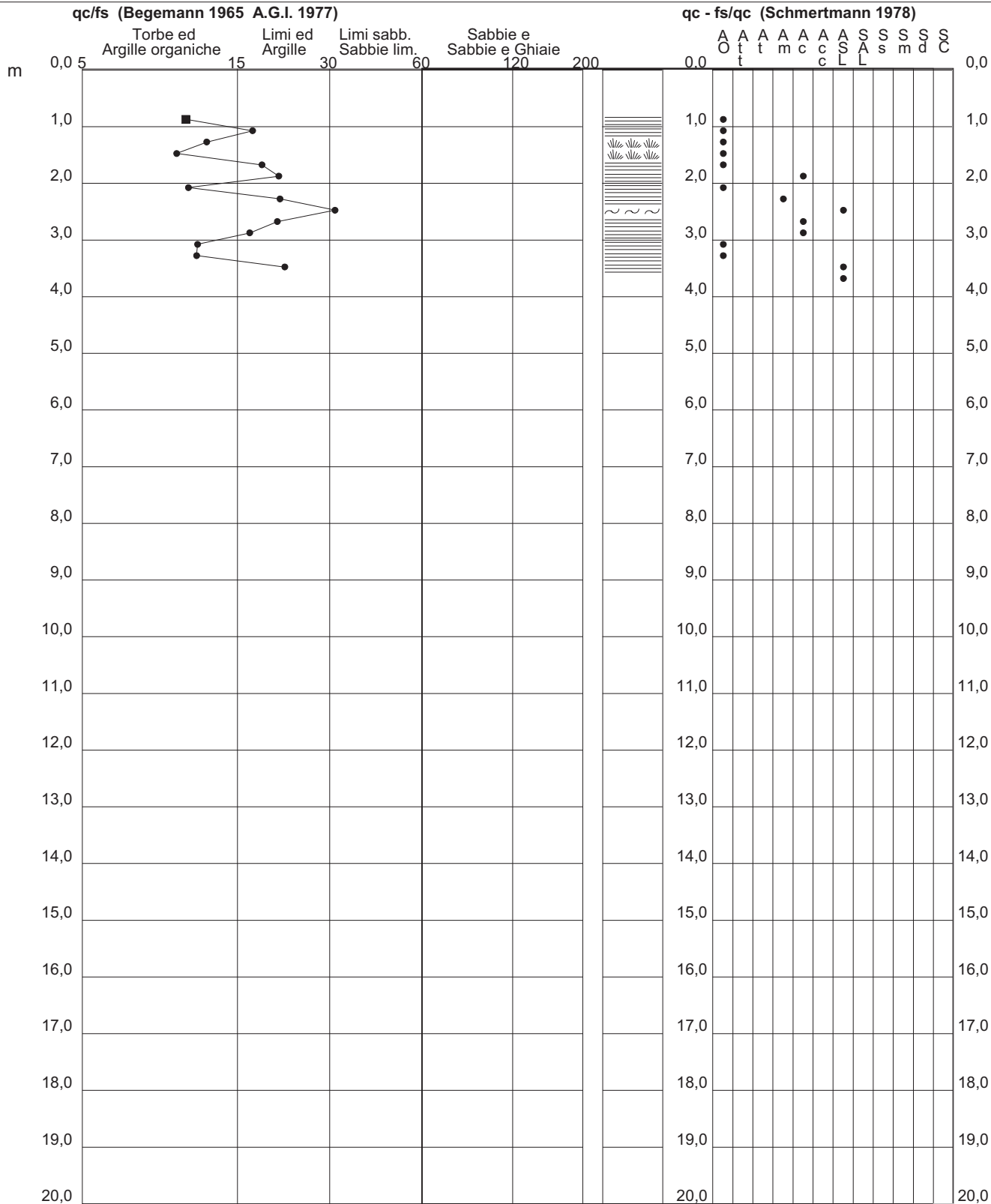
2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -0.8m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH2; falda non rilevata

- pagina n°:



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -1.2m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH1; falda non rilevata

- pagina n°:

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	0,85	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	0,85	0,03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	--	--	???	0,85	0,05	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	--	--	???	0,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	--	--	???	0,85	0,09	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	--	--	???	0,85	0,10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	18	39	4/..	0,91	0,12	0,75	61,9	128	191	56	65	37	39	41	43	39	27	0,144	30	45	54	
1,60	15	20	2////	0,95	0,14	0,67	44,5	113	170	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,80	10	21	2////	0,90	0,16	0,50	26,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,00	9	27	2////	0,88	0,17	0,45	20,5	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	20	23	4/..	0,93	0,19	0,80	37,0	136	204	60	57	36	38	40	43	37	27	0,122	33	50	60	
2,40	8	20	2////	0,86	0,21	0,40	14,0	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	13	28	2////	0,93	0,23	0,60	21,1	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	14	30	4/..	0,89	0,25	0,64	20,5	108	162	48	39	33	36	38	41	34	26	0,076	23	35	42	
3,00	27	18	4/..	0,95	0,27	0,95	30,7	161	242	81	59	36	38	40	43	37	28	0,129	45	68	81	
3,20	16	13	2////	0,96	0,29	0,70	19,1	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	25	20	4/..	0,94	0,30	0,91	24,7	155	232	75	53	35	38	40	42	36	28	0,113	42	63	75	
3,60	13	14	2////	0,93	0,32	0,60	13,8	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	13	13	2////	0,93	0,34	0,60	12,8	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	14	11	2////	0,94	0,36	0,64	12,8	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	14	12	2////	0,94	0,38	0,64	12,0	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	17	13	2////	0,97	0,40	0,72	13,2	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,60	20	--	4/..	0,93	0,42	0,80	14,2	136	204	60	38	33	36	38	41	33	27	0,075	33	50	60	
4,80	75	--	3:::	0,96	0,44	--	--	--	--	--	82	40	41	43	45	39	32	0,198	125	188	225	

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 2

2.0105-PG076

- committente : Dott. Geol. Marco Toschi
- lavoro : indagine geognostica
- località : Margine Coperta - Massa e Cozzile (PT)
- assist. cantiere :

- data : 07/08/2015
- quota inizio : -0.8m da p.c.
- falda :
- data di emissione : 20/08/2015

- note : approfondimento DPSH2; falda non rilevata

- pagina n°:

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm ²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	
0,20	--	--	???	0,85	0,02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	0,85	0,03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	--	--	???	0,85	0,05	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	--	--	???	0,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	10	11	2////	0,90	0,09	0,50	56,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	7	17	2////	0,84	0,10	0,35	29,0	59	89	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	5	12	1****	0,46	0,11	0,25	17,1	10	15	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	4	10	1****	0,46	0,12	0,20	11,7	8	12	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	5	19	2////	0,80	0,14	0,25	13,3	43	64	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	17	21	2////	0,97	0,16	0,72	42,5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	8	11	2////	0,86	0,17	0,40	17,8	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	10	21	2////	0,90	0,19	0,50	20,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	15	32	4/./.	0,89	0,21	0,67	26,7	113	170	50	45	34	37	39	42	35	27	0,091	25	38	45	
2,80	14	21	2////	0,94	0,23	0,64	22,6	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	16	17	2////	0,96	0,25	0,70	22,8	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	14	12	2////	0,94	0,27	0,64	18,6	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	17	12	2////	0,97	0,29	0,72	20,0	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	34	22	4/./.	0,98	0,31	1,13	32,3	193	289	102	64	37	39	41	43	38	29	0,141	57	85	102	
3,80	55	--	3:::	0,93	0,32	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	39	31	0,187	92	138	165	

INDICE

1. Premessa.....	3
1.1. Introduzione al metodo.....	3
2. Acquisizione.....	4
2.1.1. Strumentazione impiegata.....	4
3. Elaborazione.....	5
4. Conclusioni.....	7
5. Ubicazione dell'area indagata.....	8

ALLEGATI e FIGURE

Sismogramma acquisito in campagna

Spettro di velocità e curva di dispersione e picking

Profilo verticale delle V_s

Determinazione parametro V_{s30}

Esempio di modello stratigrafico

Ubicazione dell'area indagata (fuori scala)

1. Premessa

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto del sito in esame, ubicato presso la Nuova Roger Carta, in località Margine Coperta, comune di Massa e Cozzile (PT), è stata effettuata una serie di acquisizioni con la metodologia M.A.S.W., utili a definire il profilo verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo a quanto riportato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005); queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s) entro i primi 30m di profondità.

1.1. Introduzione al metodo

La Metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) adottata per il presente lavoro è una tecnica di investigazione sismica non invasiva del sottosuolo di tipo attivo, presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999). Attraverso l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh questa tecnica mira a ricostruire un profilo sismostratigrafico in onde di taglio lungo la verticale al di sotto dello stendimento (profilo V_s -z).

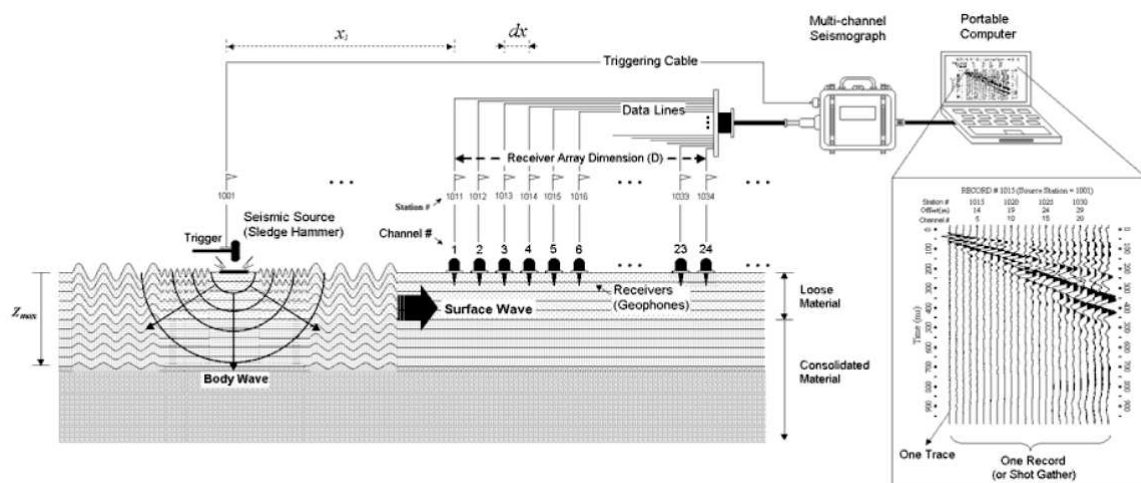


Figura 1. Illustrazione della tecnica di indagine eseguita (SurfSeis – Active Masw, 2006)

La propagazione delle onde nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi avviene in maniera diversa rispetto ai mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie

lunghezze d'onda (fenomeno detto della dispersione in frequenza). Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

Come tutte le tecniche di investigazione del sottosuolo, anche la M.A.S.W. presenta dei limiti nella sua applicabilità e dei vantaggi che devono essere tenuti ben presente nel momento in cui si pianifica e commissiona una campagna di investigazione geofisica. Brevemente i principali limiti della metodologia sono la necessità di operare in condizioni geologiche particolari (strati circa piano paralleli e lateralmente isotropi), la necessità di disporre di una taratura stratigrafica di riferimento fino alla profondità di interesse per ottimizzare il modello finale e la necessità di effettuare lo stendimento su superfici che non presentino brusche irregolarità morfologiche (salti, scalini...)

Per contro, i principali vantaggi della metodologia sono per esempio, a parità di profondità di investigazione, la possibilità di lavorare in ambienti con ingombri limitati, oppure al fine di poter ottimizzare il modello sismostratigrafico finale la possibilità di intervenire attivamente nel software di elaborazione in virtù delle conoscenze geologiche/geotecniche dell'area indagata. Inoltre, la tecnica M.A.S.W riesce, come ad es. il downhole, a rilevare il fenomeno dell'inversione di velocità.

2. Acquisizione

2.1.1. Strumentazione impiegata

Hardware

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali modello "Echo 12-24" (della *Ambrogeo* di Piacenza), collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz.

Di seguito vengono brevemente elencate le caratteristiche tecniche del sismografo:

- Registrazione a 24 canali
- Impedenza di ingresso 20 Kohm
- Range dinamico: 93 dB
- Conversione A/D a 16 bit
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 30000 ms
- Guadagno 10 dB – 100 dB, passo 1 dB
- Tensione di saturazione +/- 2,3 V

- Distorsione 0,01%
- Campionamento 130 ms
- Filtro passa basso da 50 a 950 Hz, passo 1 Hz
- Alimentazione 12V

Software

Per la registrazione in campagna del segnale sismico è stato utilizzato il software Ambrogeo v 7.1.1 Segy (della *Ambrogeo* di Piacenza) mentre, per le analisi dei dati acquisiti, è stato adottato il software *winMASW* 4.1.1 Std (della *Eliosoft* di Udine).

3. Elaborazione

I dati acquisiti sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire un profilo verticale di massima della velocità delle onde di taglio (V_s) e stimare quindi il valore del parametro V_{s30} utile alla classificazione del terreno (determinazione della categoria di sottosuolo).

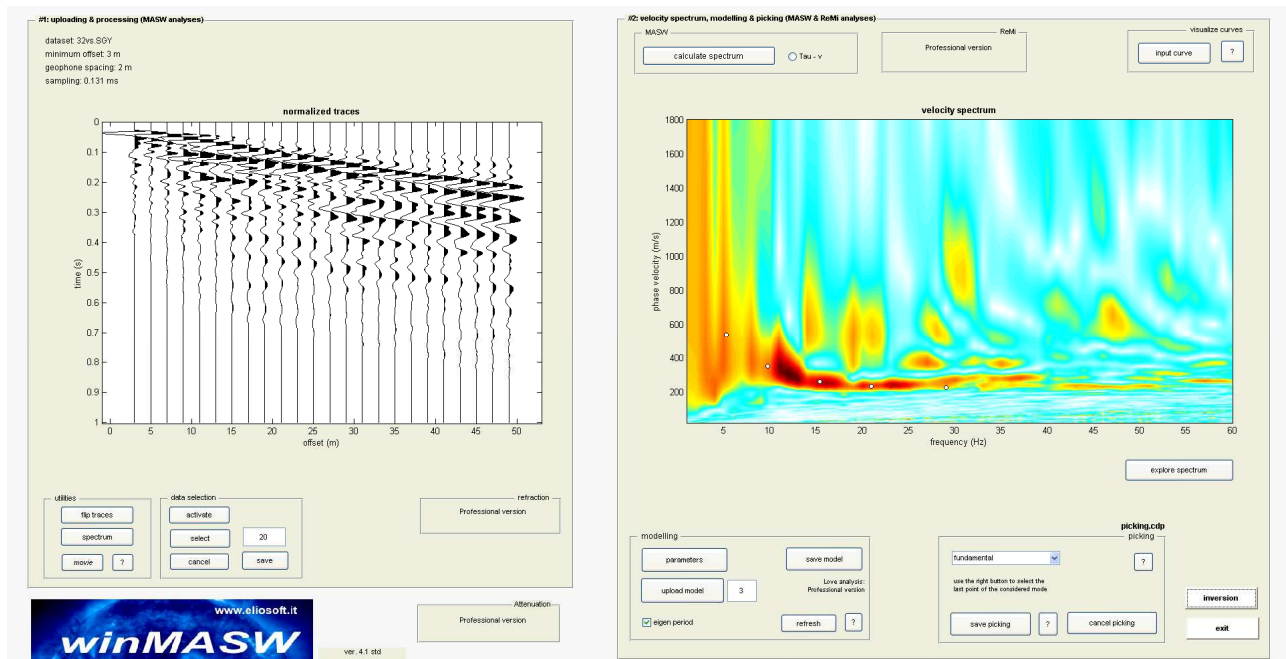


Fig. 2. Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato.

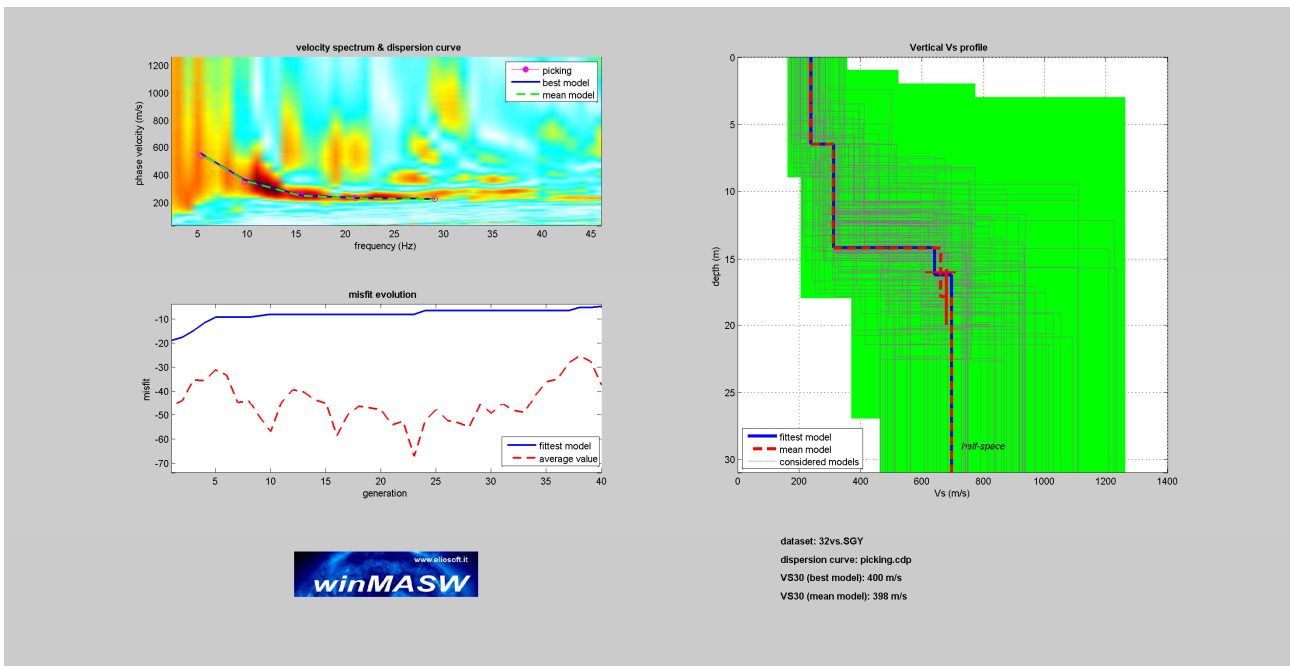


Fig. 3. Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite l'analisi dei dati. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione "piccate" e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale V_s identificato. In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli *Algoritmi Genetici* - Dal Moro et al., 2007).

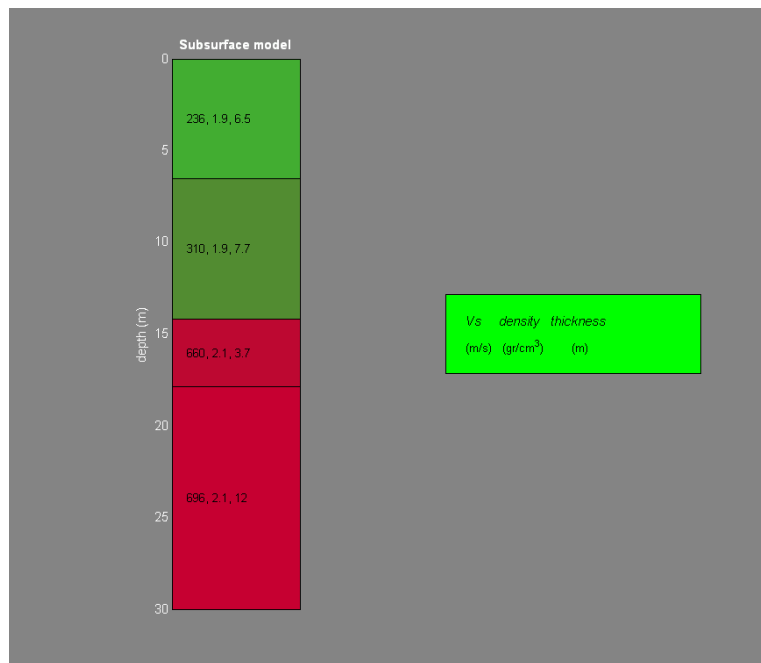


Fig. 4. Colonnina sismo-stratigrafica di massima del sito. Per ciascun strato indicate V_s , densità (stimate) e spessori.

4. Conclusioni

Dall'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh, a partire dai dati di sismica attiva raccolti con la tecnica M.A.S.W. e in riferimento alla ricostruzione stratigrafica (modello di partenza) ricavabile dalle informazioni/indagini puntuali a taratura messe a disposizione dalla Committenza, è stato elaborato un profilo sismostratigrafico della V_S monodimensionale al di sotto dello stendimento effettuato.

Sulla base dei dati disponibili viene pertanto fornito il calcolo della $V_{S,30}$ - a partire dal piano campagna attuale - secondo le modalità di calcolo indicate nella Normativa vigente (D.M. 14/1/2008) "Norme Tecniche per le Costruzioni":

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}.$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell' i-esimo strato compreso nei primi 30m di profondità;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i-esimo strato;

N = numero di strati compresi nei 30m di profondità.

$$V_{S,30} = 398 \text{ m/s}$$

Tuttavia si ricorda che, sempre in ottemperanza alla Normativa, per la determinazione della $V_{S,30}$ si deve far riferimento alla profondità di imposta delle fondazioni previste nel progetto: per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

5. Ubicazione dell'area indagata



(fuori scala)

Legenda:

G1 / Traccia della linea sismica (G1= geofono n.1)

○ Shots eseguiti