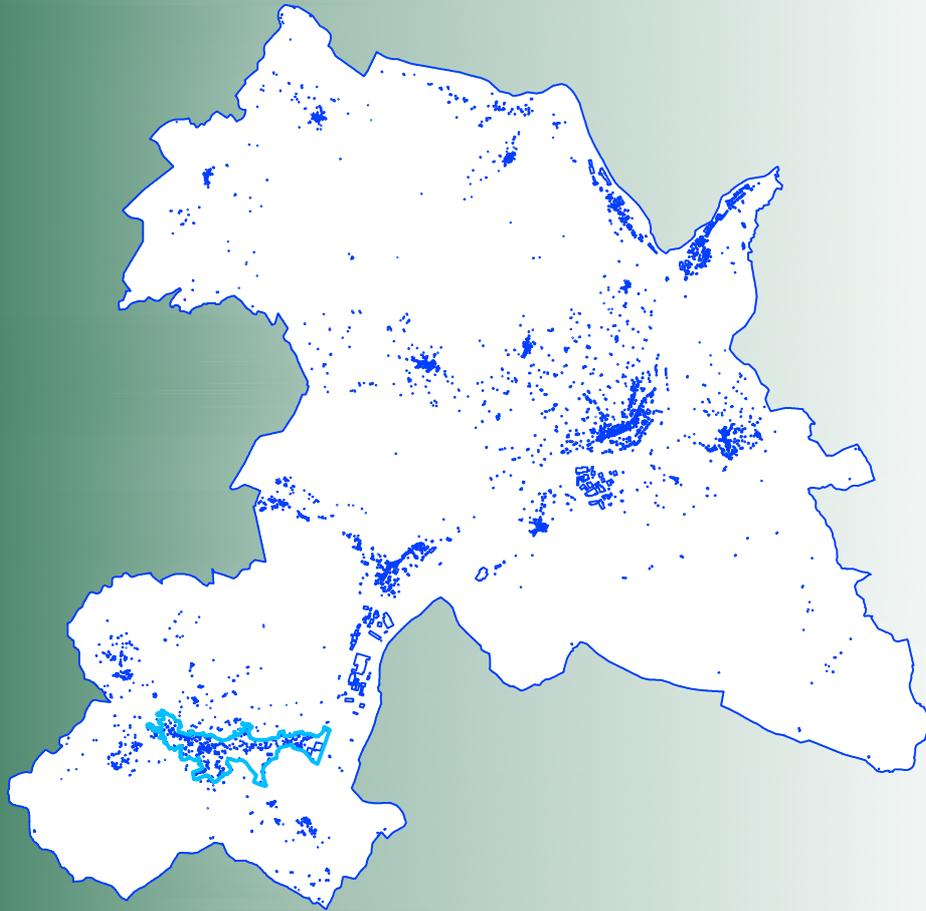




**Comune di
Borgo a Mozzano**

Provincia di Lucca



Sindaco:
Francesco Poggi

Consigliere delegato all'Urbanistica:
Cristina Benedetti

Responsabile del procedimento:
Geom. Alessandro Brunini

Garante della comunicazione:
Geom. Massimo Vergamini

Redazione Variante a cura di:
Dott. Ing. Angela Piano

Consulenza geologica:
Dott. Geol. Giancarlo Nolledi

Borgo a Mozzano, Luglio 2013

Variante al Regolamento Urbanistico

ALLEGATO 4
RELAZIONE TECNICA

Relazione geologico-tecnica relativa alla previsione ER2 n. 6 - Valdottavo

ai sensi della L.R. 03/01/2005, n. 1

COMUNE DI BORGO A MOZZANO
PROVINCIA DI LUCCA

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA VARIANTE
AL PIANO STRUTTURALE E AL REGOLAMENTO URBANISTICO
COMUNALE**

ALLEGATO N.4

**Relazione geologico-tecnica relativa
alla previsione ER2 n. 6 - Valdottavo**

Data	Revisione	Commessa	Rel. N.	Descrizione	Redatto	Approvato
	01	18/2012	28/2013	All. N.4	I. Bartolini	G. Nolledi

COMUNE DI BORGO A MOZZANO

(Provincia di Lucca)

Indagini geologico-tecniche di supporto alla richiesta di variante urbanistica per un lotto di terreno ubicato nella Fraz. Valdottavo

Committenti

GIANNINI SILVIA, DA PALMATA NORMA E CASCIANI CATIA

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Data

Marzo 2013



Studio geologico associato

di Roberta Giorgi & Marco Palazzetti

Via del Poggetto, 439/L - fraz. S. Anna - 55100 Lucca

tel. - fax: 0583/510474 - 509084

E-mail: Info@studiogeolink.it

Collaboratori: Dott. Geol. Cristina Mariotti Bianchi

cod. 00513BM

INDICE

1) PREMESSA E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	2
2) INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITA' DELL'AREA	3
3) LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI	4
4) CAMPAGNA GEOGNOSTICA	5
5) CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DELL'AREA	5
5.1) MORFOLOGIA.....	5
5.2) CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DEI TERRENI	5
5.3) IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA	7
6) SISMICITÀ E PARAMETRI SISMICI	8
7) DEFINIZIONE MODELLO GEOTECNICO	11
8) VERIFICHE DI STABILITÀ	12
9) VALUTAZIONI IN MERITO ALLA SISMICITÀ DELL'AREA	13
10) VALUTAZIONI RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA	13

TAVOLE NEL TESTO

Tavola 1	Corografia	1:10.000
Tavola 2	Inquadramento geologico	1:2.000
Tavola 3	Stralcio CTR con ubicazione indagini geognostiche	1:500
Tavola 4	Sezione geologica	1:200

ALLEGATI NEL TESTO

Allegato 1	Richiesta di variante al Regolamento Urbanistico
Allegato 2	Estratti Regolamento Urbanistico Comune di Borgo a Mozzano e PAI Autorità di Bacino del Fiume Serchio
Allegato 3	Diagramma prove penetrometriche statiche
Allegato 4	Prospezione sismica a rifrazione onde P, MASW e HVSR
Allegato 5	Verifiche di stabilità del versante

1) PREMESSA E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Nel presente rapporto tecnico si illustrano le indagini geologico-tecniche svolte di supporto alla richiesta di variante urbanistica per un lotto di terreno ubicato nella Fraz. Valdottavo in Comune di Borgo a Mozzano.

In particolare (v. All. 1 – richiesta di variante al R.U. inoltrata da Casciani Catia), è chiesto lo spostamento della zona ER1 dal Foglio 40 Particella 291 e porzione di 578 (Tav. 17a UTOE 20), al Foglio 33, Particella 1302 (Tavola 17b UTOE 20).

Le indagini geologiche svolte sono state redatte in conformità alla seguente normativa:

- Decreto Ministeriale 14.01.2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Consiglio superiore dei lavori pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche delle Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, circolare 2 febbraio 2009.
- D.P.G.R. n. 36/R del 09.07.2009 – Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- Del. G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell' O.P.C.M. n. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 – Revoca DGRT 431/2006.
- Piano di Bacino Stralcio per l'assetto idrogeologico del Fiume Serchio 1° Aggiornamento Adottato con Del. N.168 del 21/12/2010.
- Regolamento Urbanistico del Comune di Borgo a Mozzano approvato con Del. C.C. n. 46 del 25 ottobre 2008 e successiva variante approvata con Del. del C.C. n. 66 del 15/12/2011.

L'area in esame risulta esterna alle perimetrazioni del Vincolo Idrogeologico.

2) INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITA' DELL'AREA

Dall'esame delle normative vigenti in tema di assetto geologico-geotecnico, idrogeologico e idraulico si può rilevare come l'area in esame, di cui è richiesto l'inserimento in Zona ER1, risulti classificata come di seguito (v. All. 2):

PIANO STRUTTURALE

Carta della vulnerabilità: grado di vulnerabilità estremamente elevato;

REGOLAMENTO URBANISTICO (approvato con Del. C.C: n 46 del 25/10/2008)

Carta della pericolosità geomorfologica: **G3 - pericolosità geomorfologica ELEVATA**;

Carta della pericolosità sismica: area esterna alle ZMPSL;

Carta della pericolosità idraulica: **I1 – pericolosità idraulica BASSA**;

P.A.I. AUTORITÀ DI BACINO DEL F. SERCHIO

In relazione alle condizioni di stabilità dei versanti, sulla "Carta della franosità del bacino del F. Serchio" a corredo della "Variante al Piano di Bacino Stralcio "Assetto Idrogeologico" 1° aggiornamento", adottata con Del. C.I. n° 168 del 21/12/2010, l'area ricade in classe

Classe P3 – Pericolosità Elevata - Aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi (Art. 13).

VINCOLO IDROGEOLOGICO

L'area in esame ricade esternamente alle aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico.

3) LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

L'area in esame si trova sul versante in sinistra idrografica del Solco delle Fontanelle, affluente del Torrente Celetra

Sui rilievi che bordano la valle, affiorano formazioni appartenenti alla Successione Toscana non metamorfica (Macigno, Calcare Nummulitico, Scaglia Rossa, Maiolica, Diaspri, Calcari Selciferi Superiori, Marne a Posidonomya, Calcari selciferi inferiori) il cui assetto originario risulta complicato da contatti tettonici sia a basso che ad alto angolo (sovrascorrimenti, faglie dirette).

La storia deformativa del substrato roccioso, legata all'orogenesi appenninica, può essere schematizzata come segue:

- una tettonica compressiva con strutture costantemente NE vergenti cui è associata una scistosità S1 molto penetrativa osservabile nei termini più pelitici (Marne a Posidonomya, Scaglia Rossa e Diaspri);
- una serie di eventi successivi inquadrabili nella tettonica distensiva, sintetizzabili in una fase deformativa caratterizzata da fasce di taglio distensive con deformazioni prevalentemente di tipo fragile realizzate mediante faglie dirette a basso ed alto angolo; questa fase dà luogo alla presenza di strutture sia Adriatico-vergenti, sia Tirreno-vergenti.

Localmente in un intorno significativo dell'area in esame si osservano in affioramento le seguenti formazioni:

Calcare selcifero superiore: Calcari e calcareniti gradate grigio scure a liste e noduli di selce di età Dogger sup. – Malm p.p.

Marne a Posidonomya - Marne, e argilliti marnose grigio giallastre talora con livelli di calcareniti (Lias superiore – Dogger p.p.)

Relativamente ai depositi quaternari presenti, si osservano nell'area estese coperture detritiche derivate dal disfacimento chimico-fisico della roccia madre che, localmente, mascherano l'affioramento del substrato roccioso con spessori variabili a seconda della morfologia.

Nel fondovalle affiorano le alluvioni recenti ed attuali connesse con l'attività fluviale del Torrente Celetra e dei suoi affluenti (Quaternario – Attuale).

4) CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Per determinare l'assetto stratigrafico e geotecnico dell'area in esame, è stata condotta una campagna geognostica basata sull'esecuzione, all'interno del lotto, delle seguenti indagini (v. All. 3 e 4):

- n. 2 prove penetrometriche statiche spinte fino alla profondità di 24,0 m
- n. 1 indagine sismica MASW
- n. 2 Prospezioni sismiche a rifrazione a mezzo di onde P
- n. 1 indagine sismica HVSR
- n. 2 piezometri per la misurazione periodica del livello di falda

La campagna di indagini effettuata è risultata più che sufficiente a chiarire l'assetto geomorfologico, stratigrafico e geotecnico dell'area e di un suo intorno significativo.

5) CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DELL'AREA

5.1) Morfologia

L'area in esame si trova sul versante che degrada in direzione Sud Ovest verso l'alveo del Solco delle Fontanelle, affluente in sinistra idrografica del Torrente Celetra.

Il lotto si trova ad una quota di circa 103 m s.l.m. in un'area parzialmente mantenuta a verde e localmente coltivata a viti, olivi e alberi da frutto.

Il settore di versante in oggetto, delimitato a monte e a valle dalla viabilità principale e secondaria, degrada regolarmente con un'acclività prossima al 18%.

5.2) Caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni

Dai sopralluoghi eseguiti nell'area in esame e in un intorno significativo, è emerso che il lotto si trova in corrispondenza di una placca detritica piuttosto estesa caratterizzata prevalentemente da limi argillosi e argille limose; al di sotto il substrato roccioso è costituito dalla formazione delle Marne a Posidonomya: si tratta di marne e argilliti marnose grigio giallastre con livelli di calcareniti.

Il substrato roccioso non è visibile in affioramento nemmeno sulle scarpate stradali presenti a monte e a valle dell'area in esame.

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche ubicate all'interno del lotto una nella porzione di monte e una in quella di valle; si precisa che le prove, entrambe spinte fino alla profondità di 24,0 m dal piano di campagna, non sono arrivate alla condizione di rifiuto strumentale.

Dall'elaborazione delle prove penetrometriche è stata delineata la seguente stratigrafia media e sono stati determinati i corrispondenti parametri geotecnici:

Prova penetrometrica P1

Profondità m p.c.	Descrizione litologica	Parametri geotecnici medi
0,00 – 0,80	Suolo vegetale e terreno rimaneggiato	$\phi = 25^\circ$ $c_u = 0,22 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1800 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 20 - 30 \text{ Kg/cm}^2$
0,80 – 6,60	Limi argillosi e argille limose con presenza di frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 28,2^\circ$ $c_u = 0,71 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 67 \text{ Kg/cm}^2$
6,60 – 17,20	Limi argillosi con abbondanti frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 29^\circ$ $c_u = 1,17 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 110 \text{ Kg/cm}^2$
17,20 – 24,00	Marne e argilliti molto alterate	$\phi = 31,8^\circ$ $\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 195 \text{ Kg/cm}^2$

(ϕ : angolo di attrito interno; c_u : coesione non drenata; γ : peso di volume del terreno asciutto; γ_{sat} : peso di volume del terreno saturo; M_0 : modulo edometrico)

Prova penetrometrica P2

Profondità m p.c.	Descrizione litologica	Parametri geotecnici medi
0,00 – 1,00	Suolo vegetale e terreno rimaneggiato	$\phi = 25^\circ$ $c_u = 0,27 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1800 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 20 - 30 \text{ Kg/cm}^2$
1,00 – 7,40	Limi argillosi e argille limose con presenza di frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 28,5^\circ$ $c_u = 0,96 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 86 \text{ Kg/cm}^2$
7,40 – 21,80	Limi argillosi con abbondanti frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 31,2^\circ$ $c_u = 1,81 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 163 \text{ Kg/cm}^2$
21,80 – 24,00	Marne e argilliti molto alterate	$\phi = 32,6^\circ$ $\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 233 \text{ Kg/cm}^2$

(ϕ : angolo di attrito interno; c_u : coesione non drenata; γ : peso di volume del terreno asciutto; γ_{sat} : peso di volume del terreno saturo; M_0 : modulo edometrico)

Dall'elaborazione delle prove penetrometriche emerge l'omogeneità stratigrafica dell'area indagata, caratterizzata dalla presenza di una copertura limo argillosa con presenza di clasti

variamente abbondanti e con caratteristiche geotecniche piuttosto costanti, presente fino ad una profondità variabile da 17,0 a 22,0 m circa dal piano di campagna. Al di sotto si nota un miglioramento delle caratteristiche meccaniche dei terreni ricondotto, alla presenza del substrato roccioso marnoso argillitico alterato.

Ulteriore conferma sulla profondità del substrato roccioso è stata ricavata dall'indagine sismica Masw che ha individuato un incremento di velocità di propagazione delle onde S da 259 m/sec a 466 m/sec alla profondità di circa 18,3 m dal piano di campagna; tale incremento di velocità è stato riferito al contatto fra la copertura detritica e il substrato roccioso.

5.3) Idrogeologia e idrografia

Il reticolo idrografico principale dell'area è rappresentato dal Solco delle Fontanelle che scorre ad una quota di circa - 20 m rispetto all'area di intervento; si tratta di un corso d'acqua a regime torrentizio affluente in sinistra idraulica del Torrente Celetra.

Localmente, il drenaggio delle acque superficiali, è assicurato oltre che dalla pendenza complessiva dell'area, anche dalla presenza di fossette interpoderali e di zanelle stradali che raccolgono le acque e le convogliano a valle nei collettori principali.

Per quanto riguarda la determinazione della permeabilità, i terreni presenti possono essere classificati come segue:

Terreni permeabili per porosità primaria

Copertura detritica: permeabilità da bassa a medio-bassa per la presenza costante di una certa percentuale di matrice fine o relativamente fine.

Terreni permeabili per porosità secondaria

Substrato roccioso (Marne a Posidonomya): permeabilità variabile da molto bassa a medio-bassa a seconda della situazione strutturale e litologica locale; dove prevalgono le facies calcarenitiche, la permeabilità risulta più elevata mentre dove prevale la facies argillitica, la permeabilità tende a ridursi per la presenza di materiali argillosi d'alterazione che tendono a riempire ed ostruire i reticoli di fratture.

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea, i perfori delle prove penetrometriche sono stati attrezzati con piezometri per verificare la presenza di una falda.

La misurazione effettuata nel mese di Gennaio 2013 ha rilevato la presenza di acque sotterranee alla profondità di 12,30 m dal piano di campagna, nel piezometro installato nel perforo della prova P1, e alla profondità di 10,80 m dal piano di campagna nel piezometro 2.

Durante i sopralluoghi effettuati si è potuta constatare la corretta manutenzione del lotto, non sono infatti stati rilevati fenomeni di ristagno o dissesti ad opera delle acque superficiali.

6) SISMICITÀ E PARAMETRI SISMICI

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono state effettuate all'interno del lotto le seguenti indagini (V. All. 4):

- n. 1 indagine sismica a rifrazione a mezzo di onde P con stendimento di lunghezza L= 46 m orientato Nord Est – Sud Ovest
- n. 1 indagine sismica a rifrazione a mezzo di onde P con stendimento di lunghezza L= 34,5 m orientato Nord Ovest– Sud Est
- n. 1 indagine sismica MASW con stendimento di lunghezza L= 36 m orientato Nord Ovest– Sud Est
- n. 1 indagine sismica passiva tipo HVSR

La limitazione in lunghezza delle prospezioni sismiche è stata obbligata dalle dimensioni del lotto e dall'impossibilità di accedere alle aree circostanti.

I profili sismo-tomografici derivati dall'elaborazione delle prospezioni sismiche a rifrazione, evidenziano quanto già emerso dalle prove penetrometriche ossia una sostanziale omogeneità laterale e verticale della copertura detritica. Possono complessivamente essere individuati 2 livelli: quello più superficiale con spessore variabile da 1,0 a 2,0 m caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P <500m/sec ricondotto al suolo vegetale e al terreno rimaneggiato. Al di sotto il livello con velocità variabile da 500 a 700 m/sec è riferibile alla copertura detritica mediamente addensata.

Il modello sismo-stratigrafico derivato dall'elaborazione dell'indagine sismica Masw mostra una velocità di propagazione delle onde S che aumenta gradualmente con la profondità e che varia da un minimo di 203 m/sec ad un massimo di 483 m/sec.

Dalla correlazione fra il modello sismo-stratigrafico e le prove penetrometriche è stato possibile associare ai vari sismo-strati le seguenti litologie:

Profondità m p.c.	Vs m/sec	Interpretazione litologia
0,0 – 4,6	203	Copertura detritica: limi argillosi e argille limose con clasti
4,6 – 8,5	235	
8,5 – 18,3	259	
18,3 – 22,8	466	Substrato roccioso: marne e argilliti marnose
22,8 - 30	483	

Per quanto concerne la valutazione della categoria di sottosuolo, mediante i risultati ottenuti con l'indagine sismica Masw è stata determinata la velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} ai sensi del D.M. 14.01.08 - Norme Tecniche per le Costruzioni utilizzando la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_{si}}$$

Nel caso in oggetto risulta: **$V_{s30} = 295 \text{ m/sec}$** (valore riferito al piano di campagna). In relazione al risultato ottenuto si ritiene corretto considerare per l'area la seguente categoria di sottosuolo (tab. 3.2.II D.M. 14/01/2008):

C – Depositi 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 m/sec e 360 m/sec (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).

Data la morfologia del versante caratterizzato da pendenze prossime al 18% si ritiene corretto considerare la seguente categoria topografica (tab. 3.2.IV D.M. 14/01/2008):

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

Nell'area oggetto di studio è stata eseguita anche un'indagine sismica passiva di tipo HVSR.

Il grafico del rapporto spettrale orizzontale su verticale (H/V) evidenzia la presenza di due picchi, uno con frequenza di risonanza 3,4 Hz e H/V pari a circa 5,9 e l'altro, meno accentuato, con frequenza di risonanza pari a 12 Hz e con H/V pari a circa 3.

Utilizzando la formula $H = V_s \cdot T^{1/4}$ è possibile stimare lo spessore del sedimento in corrispondenza del contrasto di rigidità; è stato così individuato uno spessore H_1 (corrispondente al picco più accentuato) pari a 17,0 m e uno spessore H_2 (corrispondente al secondo picco) pari a circa 5,0 m. Gli spessori individuati concordano con quanto ottenuto dall'indagine sismica Masw e corrispondono al contatto fra la copertura sciolta e quella più addensata (a 4,6 m) e fra la copertura detritica e il substrato roccioso (a 18,3 m).

I parametri sismici sotto elencati, sono stati ricavati dal sito www.geostru.it "parametri sismici con un click" utilizzando l'elaborazione "Stabilità dei pendii e fondazioni"

Sito in esame.

latitudine: 43,945189 longitudine: 10,483504
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19159	Lat: 43,9452	Lon: 10,4350	Distanza: 3886,471
Sito 2	ID: 19160	Lat: 43,9470	Lon: 10,5043	Distanza: 1678,510
Sito 3	ID: 19382	Lat: 43,8970	Lon: 10,5068	Distanza: 5671,310
Sito 4	ID: 19381	Lat: 43,8952	Lon: 10,4375	Distanza: 6665,170

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,048 g
Fo: 2,488
Tc*: 0,240 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,059 g
Fo: 2,513
Tc*: 0,257 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,148 g
Fo: 2,395
Tc*: 0,290 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,189 g
Fo: 2,374
Tc*: 0,297 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,680
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,707
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,640
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,875
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,490
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,053
Kv: 0,027
Amax: 2,166
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,430

Cc: 1,570
 St: 1,000
 Kh: 0,065
 Kv: 0,033
 Amax: 2,656
 Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

7) DEFINIZIONE MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite nell'area, è stato definito un modello geotecnico da considerare indicativo del volume significativo di terreno che potrebbe essere influenzato da una eventuale opera comportante variazioni di carico sul terreno rispetto allo stato attuale. Si riportano di seguito i litotipi individuati e i parametri geotecnici caratteristici corrispondenti.

Prova penetrometrica P1

Profondità m p.c.	Descrizione litologica	Parametri geotecnici caratteristici
0,00 – 0,90	Suolo vegetale e terreno rimaneggiato	$\phi = 25^\circ$ $c_u = 0,245 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1800 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 25 \text{ Kg/cm}^2$
0,90 – 7,00	Limi argillosi e argille limose con presenza di frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 28,3^\circ$ $c_u = 0,83 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 76 \text{ Kg/cm}^2$
7,00 – 20,00	Limi argillosi con abbondanti frammenti millimetrici e centimetrici	$\phi = 30^\circ$ $c_u = 1,49 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} = 2000 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 136 \text{ Kg/cm}^2$
20,00 – 24,00	Marne e argilliti molto alterate	$\phi' = 30^\circ$ $c' = 0,2 \text{ Kg/cm}^2$ $\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$ $M_0 = 214 \text{ Kg/cm}^2$

(ϕ : angolo di attrito interno; c_u : coesione non drenata; γ : peso di volume del terreno asciutto; γ_{sat} : peso di volume del terreno saturo; M_0 : modulo edometrico)

I parametri geotecnici caratteristici, da ritenersi comunque conservativi, delineati nel modello geotecnico sono stati utilizzati per le verifiche di stabilità eseguite in corrispondenza del lotto.

Si precisa che nella scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni, a favore di sicurezza non è stato considerato il valore della coesione efficace anche se, dai sopralluoghi effettuati, è evidente che i terreni presenti siano dotati di coesione dato che i

terrazzamenti ubicati nell'area circostante a quella di intervento, mantengono angoli di scarpa piuttosto elevati e sicuramente superiori all'angolo d'attrito proprio dei terreni.

8) VERIFICHE DI STABILITÀ

Per una stima delle condizioni di stabilità dell'area allo stato attuale e in caso di inserimento di carichi permanenti sul terreno, sono state effettuate alcune verifiche utilizzando la sezione tracciata lungo la massima pendenza e ubicata in asse al lotto in oggetto.

Le verifiche di stabilità effettuate ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008" secondo il metodo di Janbu, sono state condotte applicando le seguenti schematizzazioni della situazione geologica locale (v. All. 5):

- utilizzo dei parametri sismici espressi nel capitolo 6 relativi allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV)
- utilizzo di Approccio 1 combinazione 2 (come previsto dalle NTC)
- utilizzo di valori dei parametri meccanici caratteristici dei terreni indicati nel modello geotecnico
- presenza di una falda acquifera

I tabulati di calcolo sono dettagliatamente riportati nell'allegato 4; si riportano di seguito i risultati ottenuti relativi alla condizione verificata:

CONDIZIONE	Fattore di sicurezza FS
STATO ATTUALE	1,740

Come prevedibile i risultati mostrano un FS >1,1 indice di un versante in condizioni di stabilità (ai sensi del DM 14/01/08).

La stabilità del versante è da imputare prevalentemente alla ridotta acclività del settore considerato che presenta una pendenza con valori inferiori a 10°, da considerare inoltre che a favore di sicurezza non è stato considerato il contributo alla stabilità fornito dalla coesione efficace di cui sono dotati i terreni presenti in loco.

Utilizzando la medesima schematizzazione della situazione geologica locale applicata per verificare la stabilità del sito allo stato attuale, è stata condotta anche una verifica di stabilità di un ipotetico stato modificato ottenuto inserendo un carico corrispondente ad un possibile fabbricato di progetto.

La verifica di stabilità ha fornito il seguente risultato:

CONDIZIONE	Fattore di sicurezza FS
IPOTESI STATO DI PROGETTO	1,149

La riduzione del FS è da imputare alla differente opzione di calcolo utilizzata per le verifiche: infatti per la verifica di stabilità condotta allo stato attuale sono stati utilizzati i parametri geotecnici caratteristici mentre per lo stato di progetto è stata utilizzata l'opzione di calcolo A2M2 (ai sensi del D.M. 14/01/2008) che comporta l'adozione di parametri ridotti.

9) VALUTAZIONI IN MERITO ALLA SISMICITÀ DELL'AREA

Le indagini geofisiche effettuate hanno evidenziato la presenza di sismo-strati caratterizzati da un graduale incremento della velocità di propagazione delle onde S con la profondità; non sono quindi da prevedere in caso di sisma, fenomeni di amplificazione per effetti litologici dato che non sono stati evidenziati bruschi incrementi di velocità delle onde S fra i sismo-strati individuati.

Infine si ritiene di poter escludere fenomeni di liquefazione dato che i terreni presenti sono caratterizzati da un'abbondante frazione fine. Inoltre si tenga presente che *Jamiolkowsky et al. (2004)* affermano che non sono mai stati osservati fenomeni di liquefazione per terreni caratterizzati da $V_s > 200$ m/s (nel caso in esame si hanno valori di V_s mai inferiori a 200 m/s – Vedi Prospezione indagine sismica All. 4).

10) VALUTAZIONI RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'AREA

Sintetizzando tutti i dati a disposizione si sono potute verificare sostanziali condizioni di stabilità dell'area e di un suo adeguato intorno.

Dal rilevamento geologico-geomorfologico di superficie non sono emerse situazioni di instabilità in atto o zone predisposte all'attivazione di dissesti di versante o erosivi.

La zona si presenta già in parte urbanizzata; l'analisi dei fabbricati all'intorno ha evidenziato generali condizioni di stabilità dell'area marcata dall'assenza di lesioni sui vari corpi di fabbrica.

La campagna geognostica condotta per acquisire dati di dettaglio sul lotto di cui è richiesta la variante, ha evidenziato la presenza di coperture detritiche di consistente spessore ma dotate di un grado di compattazione e addensamento da medio a relativamente elevato e comunque la mancanza di livelli dotati di proprietà meccaniche scadenti.

I livelli di falda si mantengono a quote tali da non interferire con eventuali opere di progetto, neppure nel caso di realizzazione di vani interrati.

Per quanto riguarda il rischio idraulico, si è in condizioni di assoluta sicurezza nei confronti dei corsi d'acqua della zona che si trovano a distanze e quote tali da non poter interferire con l'area in esame.

La morfologia, che mostra gradienti medi del 18%, è tale da impedire l'attivazione di movimenti franosi anche in virtù delle proprietà meccaniche rilevate per i terreni (v. Verifiche di stabilità riportate in allegato).

Le eventuali problematiche da affrontare in fase di eventuale realizzazione di manufatti riguardano quindi le sole verifiche agli SLU e SLE di cui comunque è facile prevedere la compatibilità con opere anche di un certo impegno; si tratterà quindi di adottare normali accorgimenti costruttivi per limitare eventuali fenomeni di rottura o cedimento del terreno non compatibili con le caratteristiche statiche di quanto si verrà a realizzare.

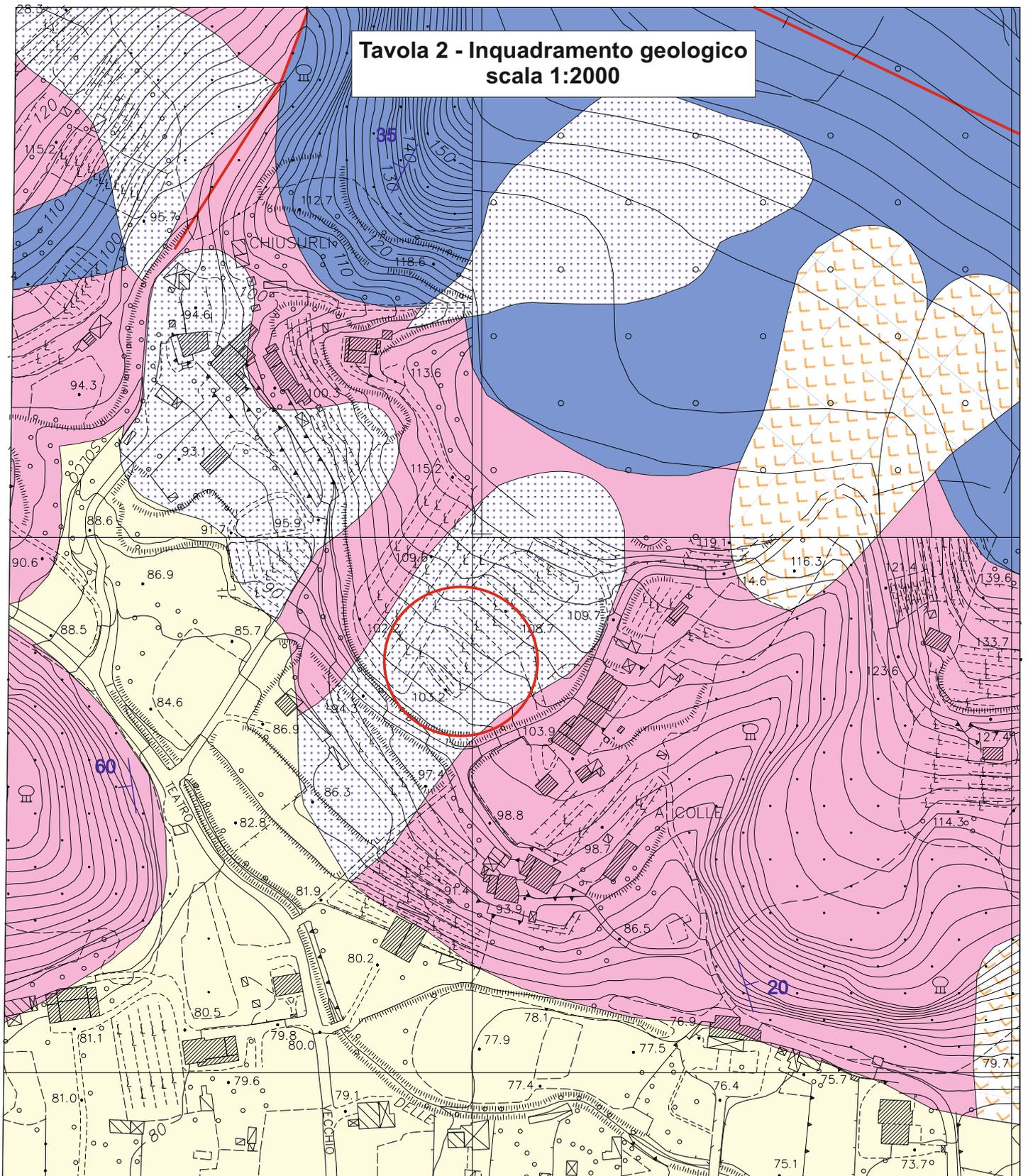
A conclusione degli studi compiuti, si ritiene quindi che la destinazione d'uso ER1 richiesta come variante all'attuale sia da ritenersi compatibile con l'assetto geologico-stratigrafico, geotecnico e idrogeologico dell'area.

Lucca, 05.03.2013

*GEOLINK – Studio geologico associato
di Roberta Giorgi & Marco Palazzetti*

Geol. Marco Palazzetti

**Tavola 2 - Inquadramento geologico
scala 1:2000**



Frana quiescente



Depositi alluvionali



Depositi detritici di versante



Giacitura stratificazione

SUCCESSIONE TOSCANA NON METAMORFICA



CALCARE SELCIFERICO SUPERIORE: calcari e calcareniti gradate grigio scure a liste e noduli di selce nere (Dogger superiore - Malm p.p.)

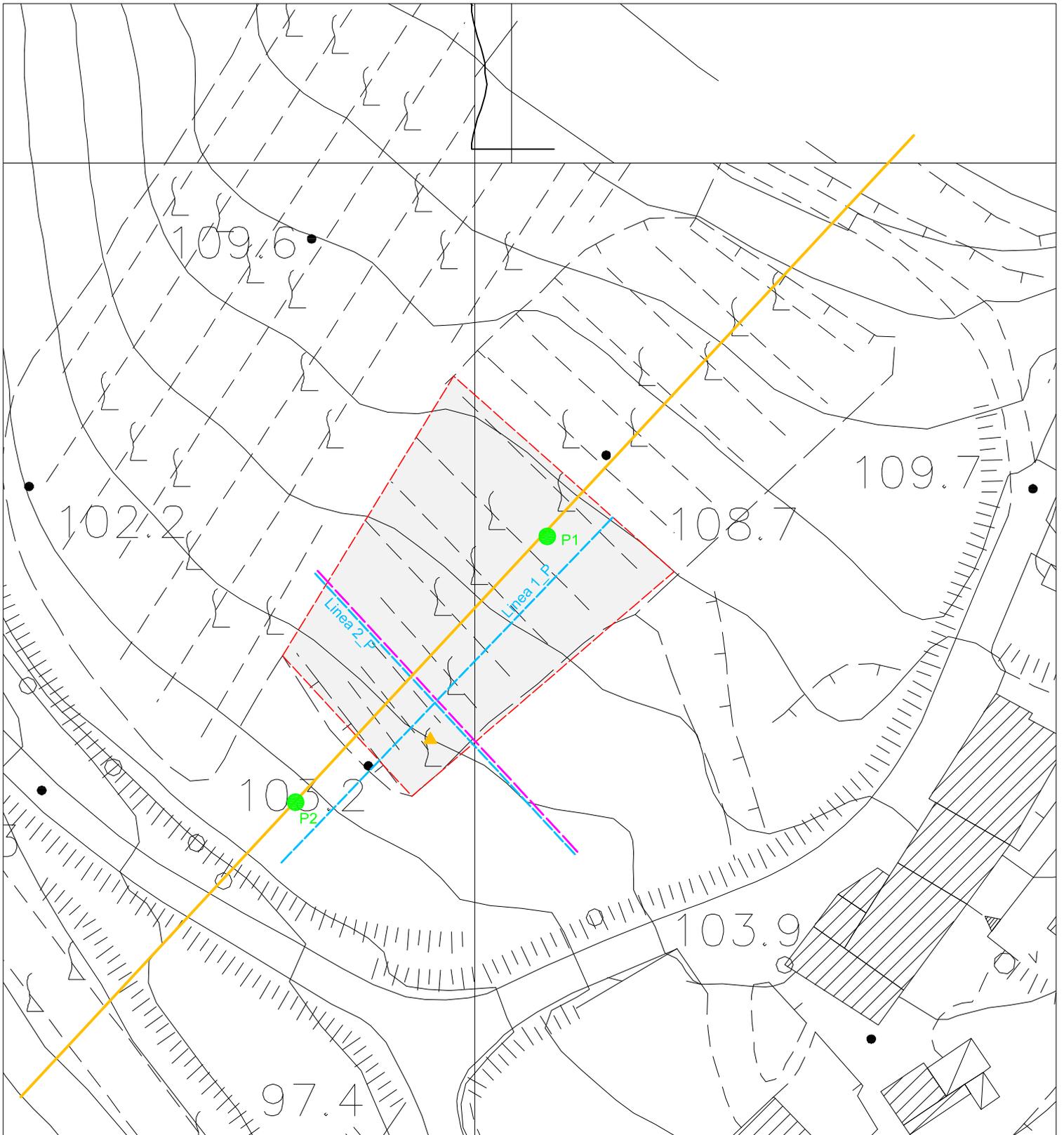


MARNE A POSIDONIA: Marne e argilliti marnose grigio giallastre talora con livelli di calcareniti (Lias superiore - Dogger p.p.)



Faglia diretta

**Tavola 3 - Stralcio CTR con ubicazione indagini geognostiche
scala 1:500**



Lotto di proprietà dei richiedenti



Ubicazione prove penetrometriche



Traccia della sezione geologica



Prospezione sismica a rifrazione onde P



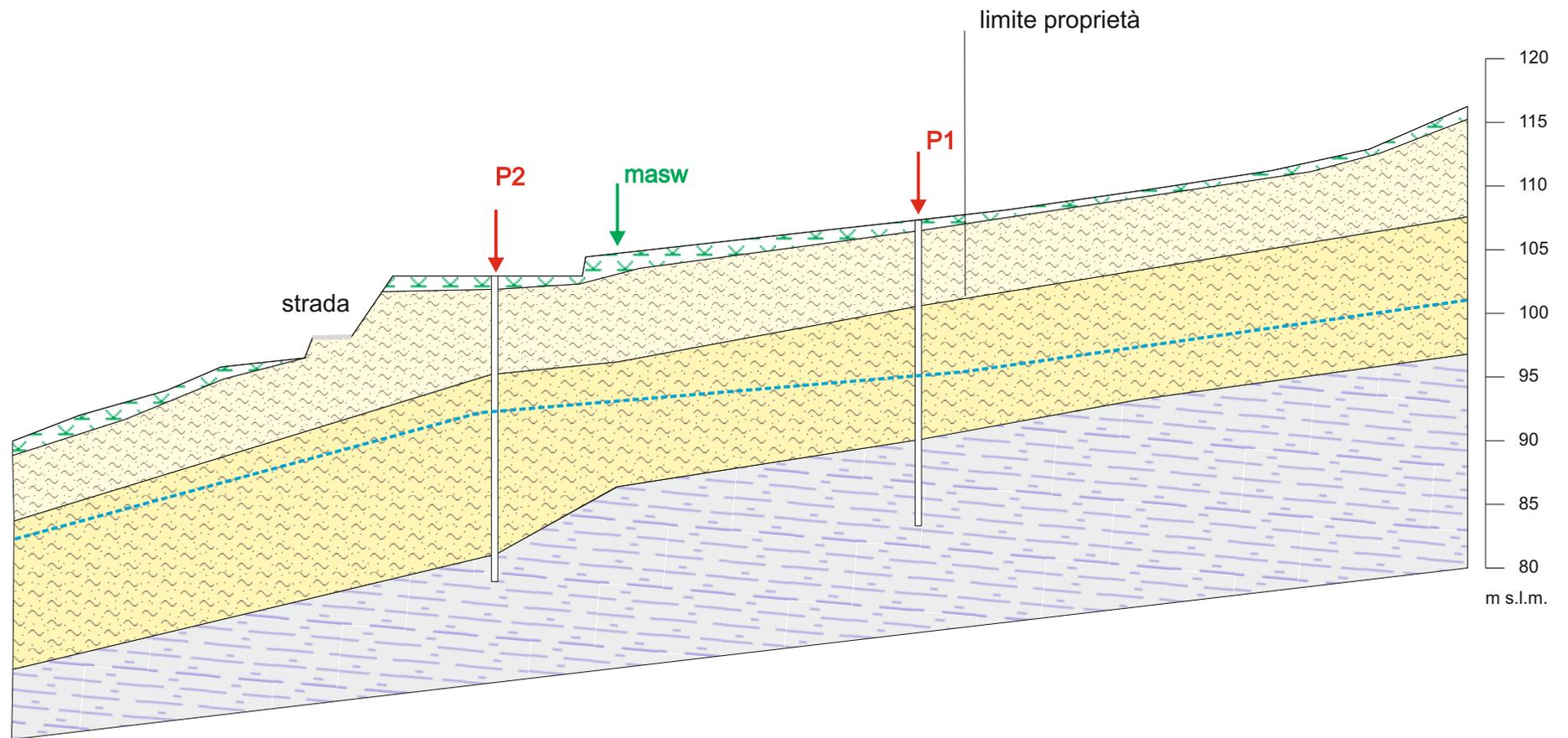
Prospezione sismica Masw



Indagine sismica passiva Tipo HVSR



Tavola 4 - Sezione geologica
scala 1:500



Allegato 1

Richiesta di variante al Regolamento Urbanistico

Al Signor Sindaco del Comune di
BORGIO A MOZZANO

OGGETTO: Richiesta di VARIANTE al Regolamento Urbanistico vigente

Il/la sottoscritto/a CASCIAN CATIA
Nato/a il 19/08/1963 a BORGIO A MOZZANO
residente in VIA CAMPITELLI n. 1 58013 VAUDOTANO
(in caso di Aziende o Ditte) con sede in
nella qualità di proprietario/comproprietario dell'immobile sito in frazione/ località:
CAMPITELLI n. 1 VAUDOTANO
distinto al Catasto sul Foglio 40 mappali: 291 E PORZIONE 578
che nel vigente Regolamento Urbanistico è classificato nel seguente modo:
- UTOE: 20 Tavola n. 12a
- Destinazione urbanistica: ER 1

RICHIEDE

che sia modificata la destinazione urbanistica prevista dal vigente Regolamento Urbanistico,
destinando l'immobile a: R1

A TAL FINE DICHIARA

- Di essere legittimato a norma di legge a presentare questa richiesta;
- Che i dati riportati nella seguente richiesta corrispondono alla situazione reale attuale e possono essere documentati o verificati in caso di richiesta da parte degli uffici comunali.

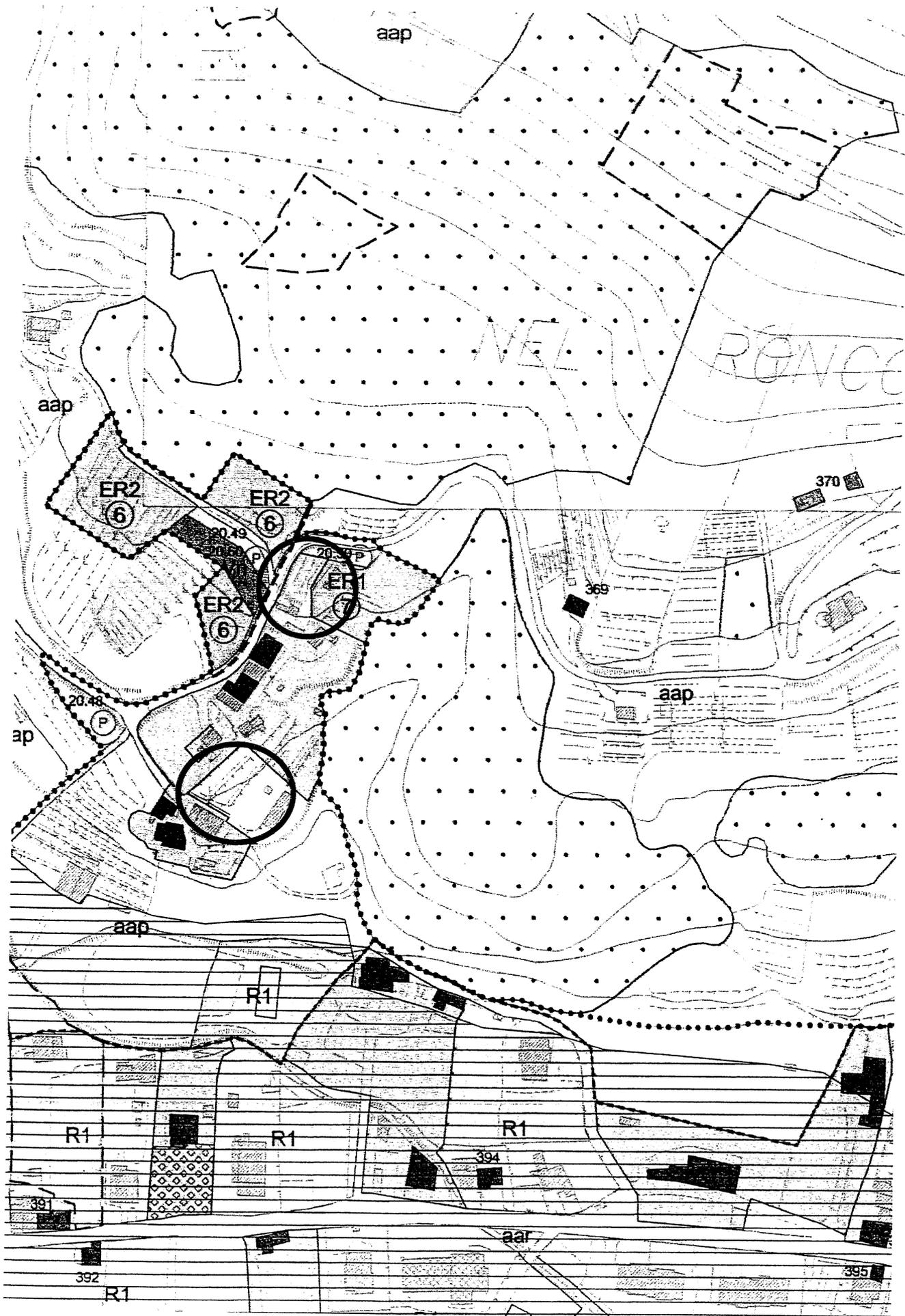
Le motivazioni della richiesta si possono così sommariamente riassumere:

Si chiede lo spostamento della zona ER1
DAL FOGLIO 40 PARCELLA 291 E PORZIONE
DEL 578* AL FOGLIO 33 PARCELLA 1302
TAVOLA 17B UTOE 20
*TAVOLA 17A UTOE 20

Le dichiarazioni contenute nella richiesta, sono rese ai sensi dell'articolo 47 del D.P.R. 28 dicembre 2000, n° 445. L'interessato è consapevole delle responsabilità penali a cui può andare incontro per dichiarazioni false, le falsità negli atti e uso di atti falsi, così come disposto dall'articolo 76 del sopra citato D.P.R. 445/2000.

Data 30/06/2012

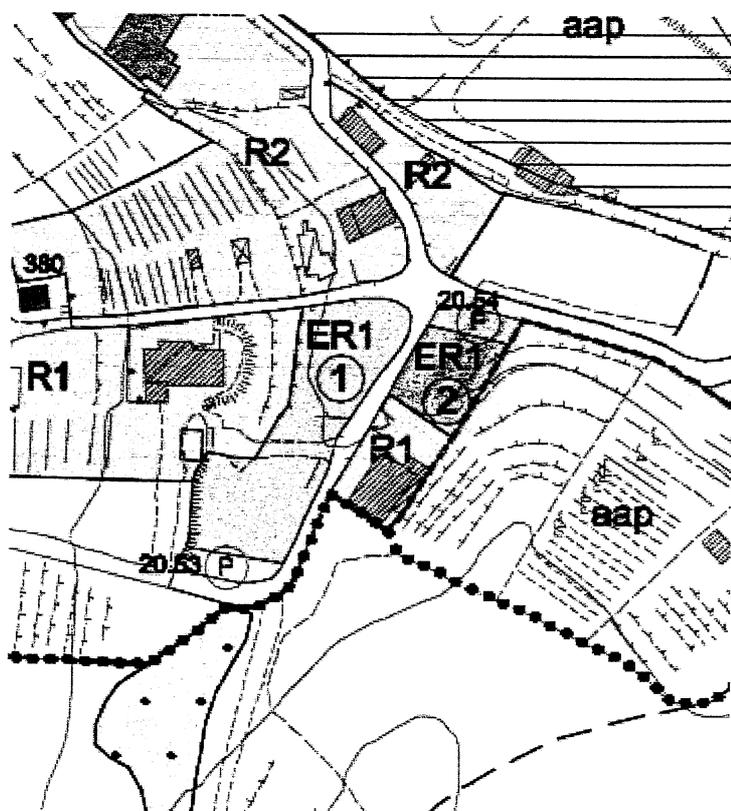
Il Dichiarante Cascian Catia

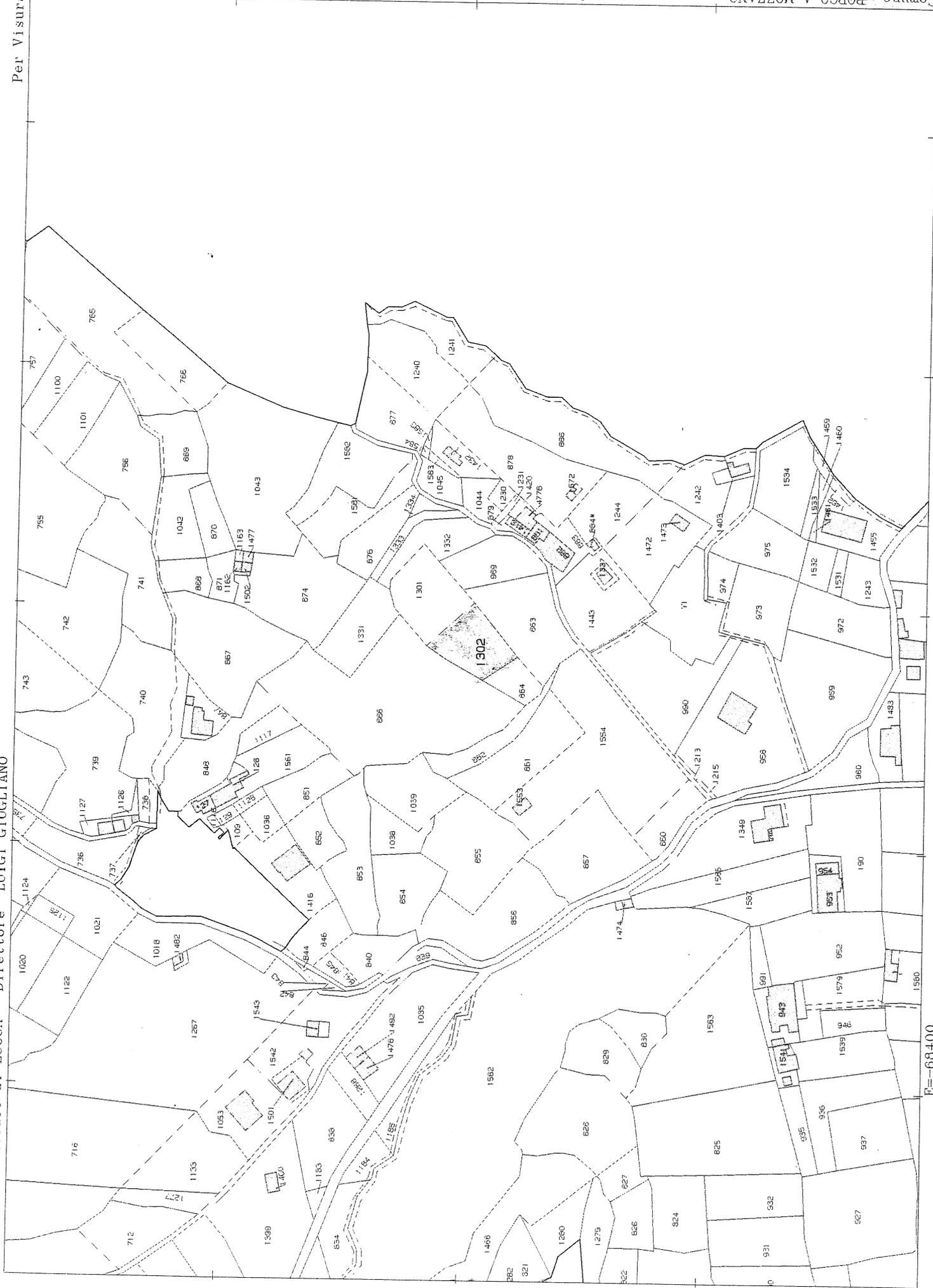


UTOE 20 Valdottavo – Tavola 17b



UTOE 20 TAV. 17a

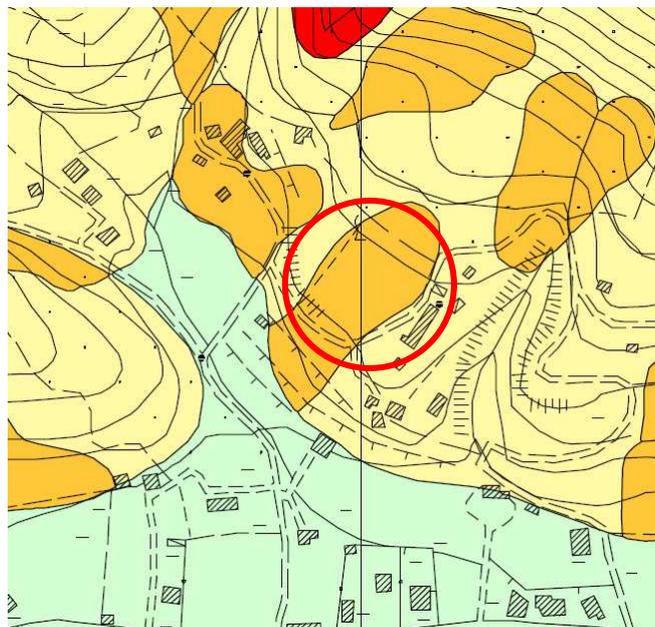




ALLEGATO 2

**ESTRATTI REGOLAMENTO URBANISTICO E PAI AUTORITA' DI BACINO
DEL F. SERCHIO**

Carta delle pericolosità geomorfologica ai sensi del D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/2007
(Regolamento Urbanistico Comune di Borgo a Mozzano)



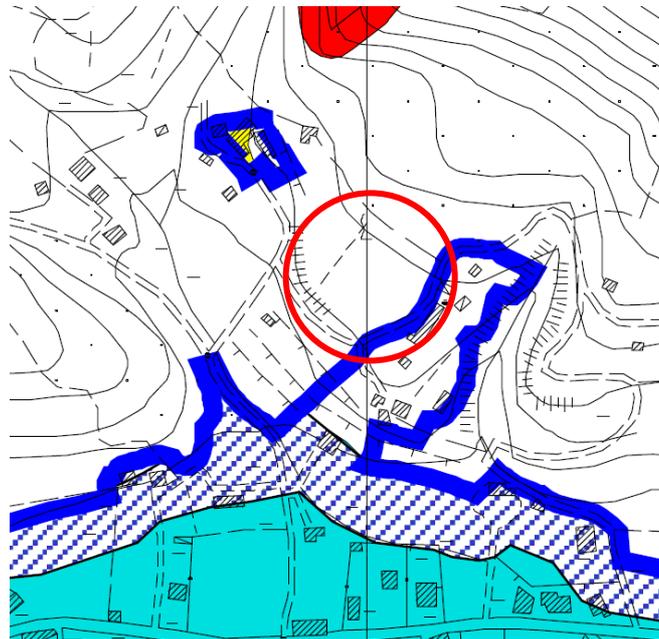
	G.3	ELEVATA	<p>Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; Aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee nonché a processi di degrado di carattere antropico; Aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza.</p>
--	-----	---------	---

Carta delle pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/2007
(Regolamento Urbanistico Comune di Borgo a Mozzano)



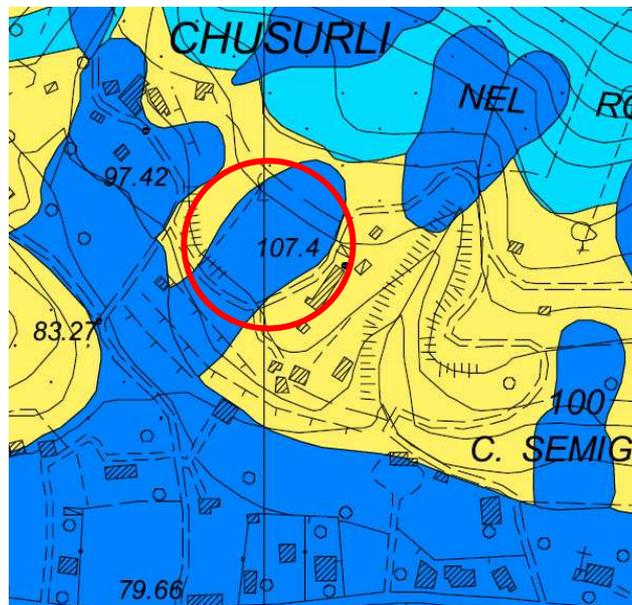
	I.1	BASSA	<p>Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di inondazioni. b) sono in situazioni di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2,00 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.</p>
--	-----	-------	---

Carta delle pericolosità sismica ai sensi del D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/2007
(Regolamento Urbanistico Comune di Borgo a Mozzano)



Area in esame esterna alle ZMPSL

Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi
(Piano Strutturale Comune di Borgo a Mozzano)



Estremamente elevato

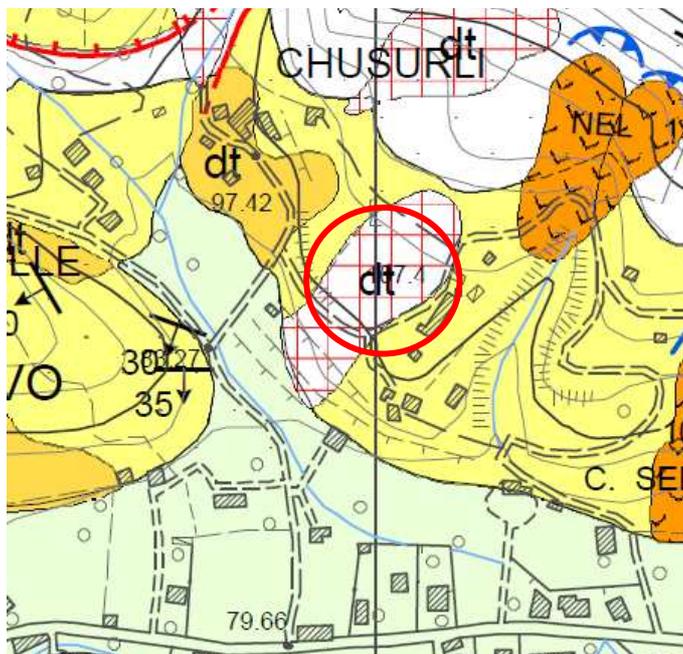
*Rete acquifera in complessi carbonatici fratturati e a carsismo molto sviluppato: Maiolica
Falda acquifera libera in materiali alluvionali, da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura: Depositi alluvionali recenti e attuali, coperture detritiche ivi compresi i materiali dei corpi di frana*



Basso

Complessi costituiti da alternanze di litotipi argillitico-mamosi o siliceo-argillitici con circolazione idrica sotterranea modesta e compartimentata: Diaspri, Marne a Posidonomya, Flysch ad elmintoidi

Carta della Franosità del Bacino del F. Serchio
(Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del F. Serchio 1° Aggiornamento)



Aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi

Allegato 3

Diagramma prove penetrometriche statiche



Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. IT12/0149
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



RELAZIONE TECNICA

Committente: Studio Geolink

Località: Vadottavo

Data Indagine: 30/01/2013

Codice lavoro: 130130a

Norma di rif: ASTM D 3441-98

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 - San Giuliano
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 05/02/2013

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Codifica: PR 7.5 01_17 Rev. 1 del 11/2011

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Prova penetrometrica CPT1



Figura 2: Prova penetrometrica CPT2

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = 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 CT .

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

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

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'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	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.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	1
	riferimento	130130a
	certificato n°	027/13

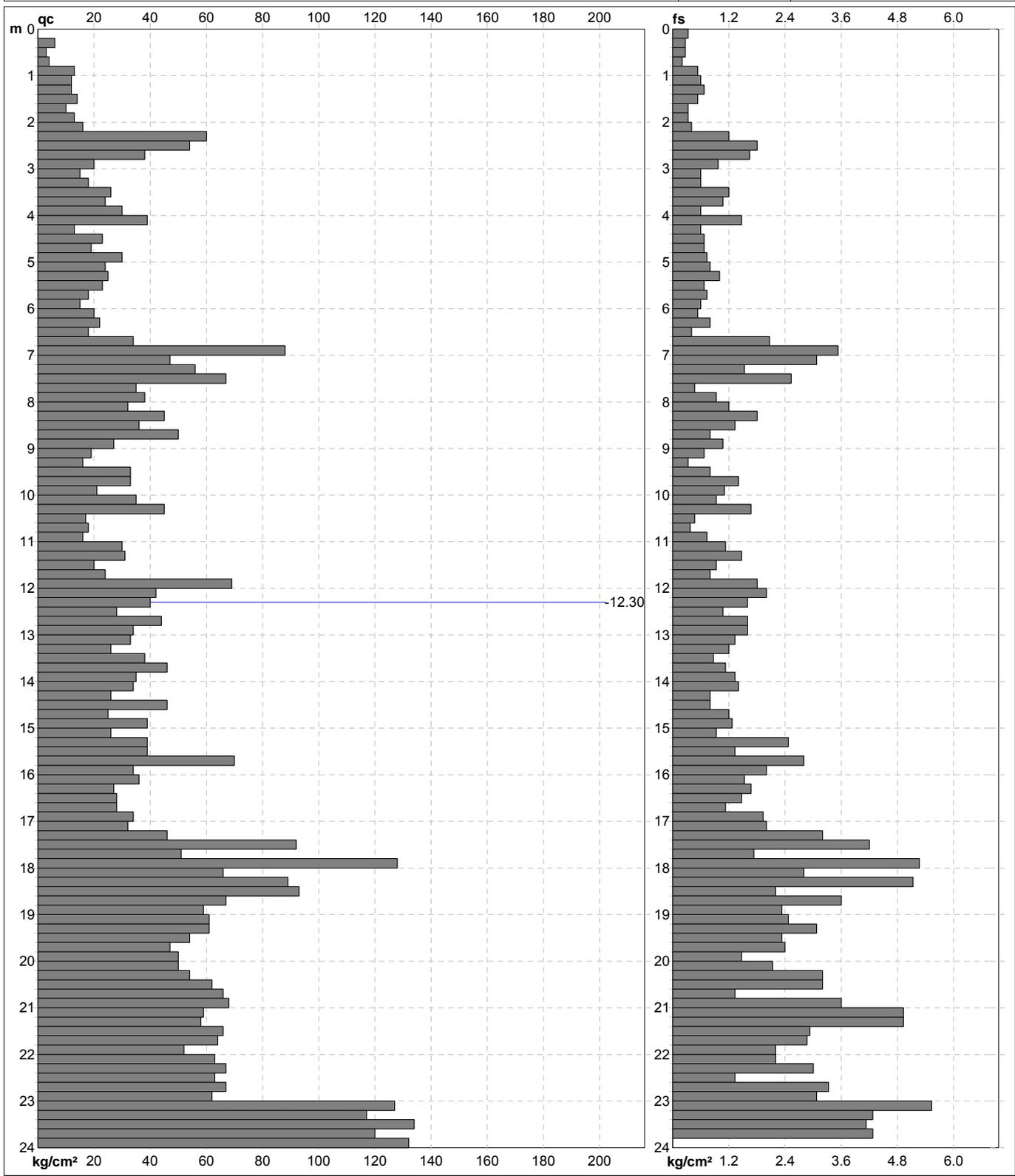
Committente: Studio Geolink	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 30/01/2013
Cantiere: 130130a	Pagina: 1	Data certificato: 05/02/2013
Località: Valdottavo - Borgo a Mozzano	Elaborato:	Falda: -12.30 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0.20	0.0	0	0	0.00	0.33	0		15.20	26.0	45	0	26.00	0.93	28	3.6
0.40	6.0	11	0	6.00	0.27	22	4.5	15.40	39.0	53	0	39.00	2.47	16	6.3
0.60	3.0	7	0	3.00	0.27	11	9.0	15.60	39.0	76	0	39.00	1.33	29	3.4
0.80	4.0	8	0	4.00	0.20	20	5.0	15.80	70.0	90	0	70.00	2.80	25	4.0
1.00	13.0	16	0	13.00	0.53	25	4.1	16.00	34.0	76	0	34.00	2.00	17	5.9
1.20	12.0	20	0	12.00	0.60	20	5.0	16.20	36.0	66	0	36.00	1.53	24	4.3
1.40	12.0	21	0	12.00	0.67	18	5.6	16.40	27.0	50	0	27.00	1.67	16	6.2
1.60	14.0	24	0	14.00	0.53	26	3.8	16.60	28.0	53	0	28.00	1.47	19	5.3
1.80	10.0	18	0	10.00	0.33	30	3.3	16.80	28.0	50	0	28.00	1.13	25	4.0
2.00	13.0	18	0	13.00	0.33	39	2.5	17.00	34.0	51	0	34.00	1.93	18	5.7
2.20	16.0	21	0	16.00	0.40	40	2.5	17.20	32.0	61	0	32.00	2.00	16	6.3
2.40	60.0	66	0	60.00	1.20	50	2.0	17.40	46.0	76	0	46.00	3.20	14	7.0
2.60	54.0	72	0	54.00	1.80	30	3.3	17.60	92.0	140	0	92.00	4.20	22	4.6
2.80	38.0	63	0	38.00	1.64	23	4.3	17.80	51.0	114	0	51.00	1.73	29	3.4
3.00	20.0	34	0	20.00	0.97	21	4.9	18.00	128.0	154	0	128.00	5.27	24	4.1
3.20	15.0	40	0	15.00	0.60	25	4.0	18.20	66.0	145	0	66.00	2.80	24	4.2
3.40	18.0	27	0	18.00	0.60	30	3.3	18.40	89.0	131	0	89.00	5.13	17	5.8
3.60	26.0	35	0	26.00	1.20	22	4.6	18.60	93.0	170	0	93.00	2.20	42	2.4
3.80	24.0	42	0	24.00	1.07	22	4.5	18.80	67.0	100	0	67.00	3.60	19	5.4
4.00	30.0	46	0	30.00	0.60	50	2.0	19.00	59.0	113	0	59.00	2.33	25	3.9
4.20	39.0	48	0	39.00	1.47	27	3.8	19.20	61.0	96	0	61.00	2.47	25	4.0
4.40	13.0	35	0	13.00	0.60	22	4.6	19.40	61.0	98	0	61.00	3.07	20	5.0
4.60	23.0	32	0	23.00	0.67	34	2.9	19.60	54.0	100	0	54.00	2.33	23	4.3
4.80	19.0	29	0	19.00	0.67	28	3.5	19.80	47.0	82	0	47.00	2.40	20	5.1
5.00	30.0	40	0	30.00	0.73	41	2.4	20.00	50.0	86	0	50.00	1.47	34	2.9
5.20	24.0	35	0	24.00	0.80	30	3.3	20.20	50.0	72	0	50.00	2.13	23	4.3
5.40	25.0	37	0	25.00	1.00	25	4.0	20.40	54.0	86	0	54.00	3.20	17	5.9
5.60	23.0	38	0	23.00	0.67	34	2.9	20.60	62.0	110	0	62.00	3.20	19	5.2
5.80	18.0	28	0	18.00	0.73	25	4.1	20.80	66.0	86	0	66.00	1.33	50	2.0
6.00	15.0	26	0	15.00	0.60	25	4.0	21.00	68.0	81	0	68.00	3.60	19	5.3
6.20	20.0	29	0	20.00	0.53	38	2.7	21.20	59.0	113	0	59.00	4.93	12	8.4
6.40	22.0	30	0	22.00	0.80	28	3.6	21.40	58.0	132	0	58.00	4.93	12	8.5
6.60	18.0	30	0	18.00	0.40	45	2.2	21.60	66.0	140	0	66.00	2.93	23	4.4
6.80	34.0	40	0	34.00	2.07	16	6.1	21.80	64.0	108	0	64.00	2.87	22	4.5
7.00	88.0	119	0	88.00	3.53	25	4.0	22.00	52.0	95	0	52.00	2.20	24	4.2
7.20	47.0	100	0	47.00	3.07	15	6.5	22.20	63.0	96	0	63.00	2.20	29	3.5
7.40	56.0	102	0	56.00	1.53	37	2.7	22.40	67.0	100	0	67.00	3.00	22	4.5
7.60	67.0	90	0	67.00	2.53	26	3.8	22.60	63.0	108	0	63.00	1.33	47	2.1
7.80	35.0	73	0	35.00	0.47	74	1.3	22.80	67.0	87	0	67.00	3.33	20	5.0
8.00	38.0	45	0	38.00	0.93	41	2.4	23.00	62.0	112	0	62.00	3.07	20	5.0
8.20	32.0	46	0	32.00	1.20	27	3.8	23.20	127.0	173	0	127.00	5.53	23	4.4
8.40	45.0	63	0	45.00	1.80	25	4.0	23.40	117.0	200	0	117.00	4.27	27	3.6
8.60	36.0	63	0	36.00	1.33	27	3.7	23.60	134.0	198	0	134.00	4.13	32	3.1
8.80	50.0	70	0	50.00	0.80	63	1.6	23.80	120.0	182	0	120.00	4.27	28	3.6
9.00	27.0	39	0	27.00	1.07	25	4.0	24.00	132.0	196	0	132.00	0.00	28	0.0
9.20	19.0	35	0	19.00	0.67	28	3.5								
9.40	16.0	26	0	16.00	0.33	48	2.1								
9.60	33.0	38	0	33.00	0.80	41	2.4								
9.80	33.0	45	0	33.00	1.40	24	4.2								
10.00	21.0	37	0	21.00	1.10	19	5.2								
10.20	35.0	69	0	35.00	0.93	38	2.7								
10.40	45.0	59	0	45.00	1.67	27	3.7								
10.60	17.0	42	0	17.00	0.47	36	2.8								
10.80	18.0	23	0	18.00	0.37	49	2.1								
11.00	16.0	18	0	16.00	0.73	22	4.6								
11.20	30.0	41	0	30.00	1.13	27	3.8								
11.40	31.0	48	0	31.00	1.47	21	4.7								
11.60	20.0	42	0	20.00	0.93	22	4.7								
11.80	24.0	38	0	24.00	0.80	30	3.3								
12.00	69.0	81	0	69.00	1.80	38	2.6								
12.20	42.0	69	0	42.00	2.00	21	4.8								
12.40	40.0	70	0	40.00	1.60	25	4.0								
12.60	28.0	52	0	28.00	1.07	26	3.8								
12.80	44.0	60	0	44.00	1.60	28	3.6								
13.00	34.0	58	0	34.00	1.60	21	4.7								
13.20	33.0	57	0	33.00	1.33	25	4.0								
13.40	26.0	46	0	26.00	1.20	22	4.6								
13.60	38.0	56	0	38.00	0.87	44	2.3								
13.80	46.0	59	0	46.00	1.13	41	2.5								
14.00	35.0	52	0	35.00	1.33	26	3.8								
14.20	34.0	54	0	34.00	1.40	24	4.1								
14.40	26.0	47	0	26.00	0.80	33	3.1								
14.60	46.0	58	0	46.00	0.80	58	1.7								
14.80	25.0	37	0	25.00	1.20	21	4.8								
15.00	39.0	57	0	39.00	1.27	31	3.3								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA	CPT	1
	riferimento	130130a
	certificato n°	027/13

Committente: Studio Geolink Cantiere: 130130a Località: Valdottavo - Borgo a Mozzano	U.M.: kg/cm² Scala: 1:120 Pagina: 1 Elaborato:	Data exec.: 30/01/2013 Data certificato: 05/02/2013 Quota inizio: Falda: -12.30 m da quota inizio
---	--	--



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

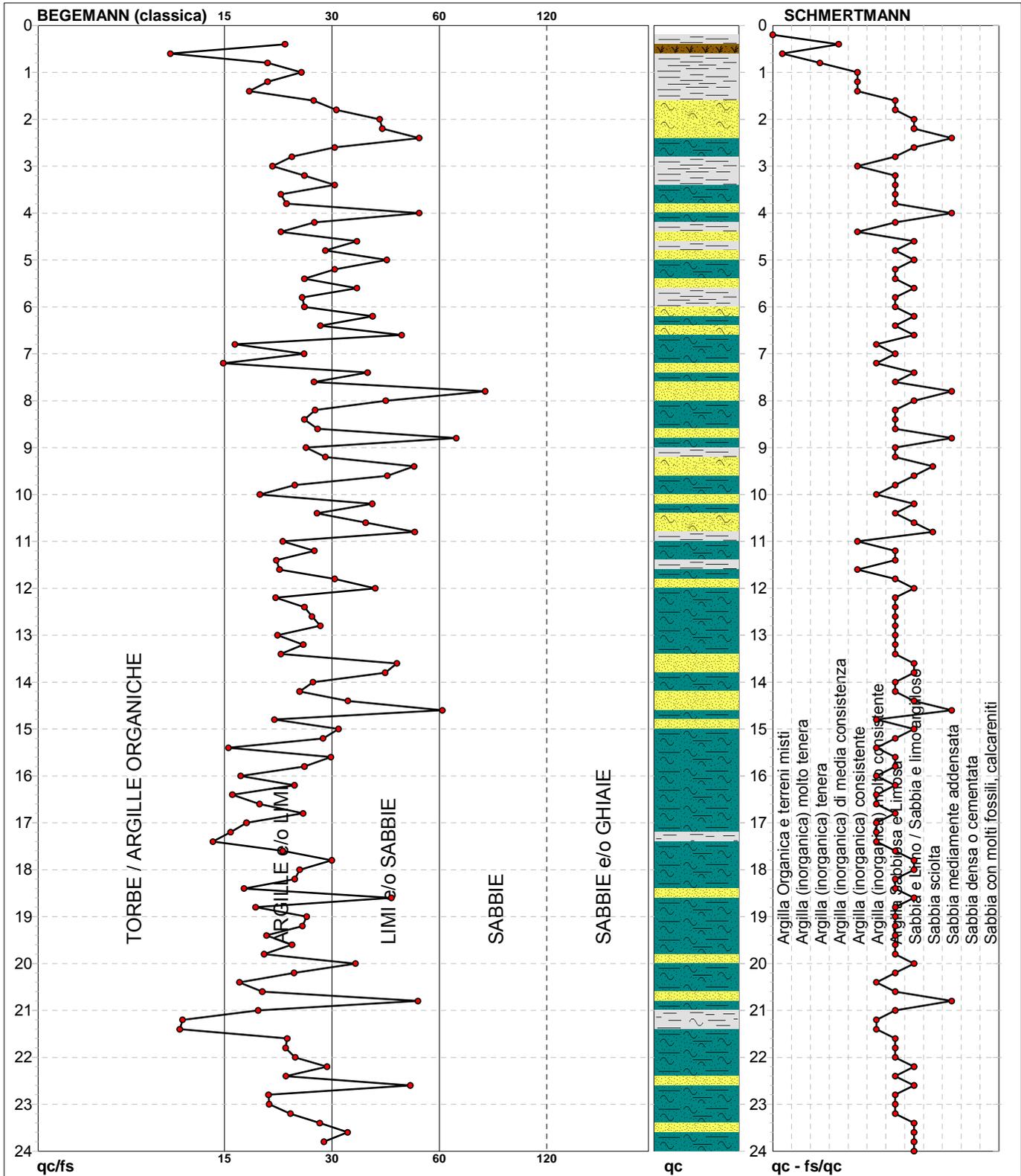
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	130130a
certificato n°	027/13

Committente: **Studio Geolink**
 Cantiere: **130130a**
 Località: **Valdottavo - Borgo a Mozzano**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 30/01/2013
 Scala: 1:120 Data certificato: 05/02/2013
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -12.30 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	6 punti, 5.04%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 0.84%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	59 punti, 49.58%
Argille e/o Limi :	84 punti, 70.59%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 0.84%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	27 punti, 22.69%
Limi e/o Sabbie :	28 punti, 23.53%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 0.84%	Sabbia sciolta:	2 punti, 1.68%
Sabbie:	2 punti, 1.68%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 5.88%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 5.04%
		Argilla (inorganica) molto consist.:	14 punti, 11.76%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	riferimento	130130a
	certificato n°	027/13

Committente: Studio Geolink	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 30/01/2013
Cantiere: 130130a	Pagina: 2	Data certificato: 05/02/2013
Località: Valdottavo - Borgo a Mozzano	Elaborato:	Falda: -12.30 m da quota inizio

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE							F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)				
20.00	50.00	34.01	3	0.92	3.13	166	--	--	--	--	20	31	24	20	19	27	31	--	83.3	125.0	150.0	
20.20	50.00	23.47	4	1.01	3.15	166	1.67	2.8	844.1	1266.2	150.0	20	31	24	20	19	27	31	--	83.3	125.0	150.0
20.40	54.00	16.88	4	1.01	3.17	173	1.80	3.1	874.5	1311.8	162.0	23	31	24	21	19	27	31	--	90.0	135.0	162.0
20.60	62.00	19.38	4	1.02	3.19	179	2.07	3.6	901.3	1352.0	186.0	27	32	25	21	20	28	32	--	103.3	155.0	186.0
20.80	66.00	49.62	3	0.94	3.21	179	--	--	--	--	--	29	32	25	22	20	28	32	--	110.0	165.0	198.0
21.00	68.00	18.89	4	1.02	3.23	182	2.27	4.0	901.7	1352.5	204.0	30	32	25	22	20	28	32	--	113.3	170.0	204.0
21.20	59.00	11.97	4	1.02	3.25	176	1.97	3.3	912.3	1368.4	177.0	25	32	24	21	20	27	32	--	98.3	147.5	174.0
21.40	58.00	11.76	4	1.02	3.27	173	1.93	3.3	913.2	1369.8	174.0	24	31	24	21	20	27	31	--	96.7	145.0	174.0
21.60	66.00	22.53	4	1.02	3.29	179	2.20	3.8	927.5	1391.2	198.0	29	32	25	21	20	28	32	--	110.0	165.0	198.0
21.80	64.00	22.30	4	1.02	3.31	180	2.13	3.6	935.5	1403.2	192.0	27	32	24	21	20	28	32	--	106.7	160.0	192.0
22.00	52.00	23.64	4	1.01	3.33	171	1.73	2.8	885.5	1328.3	156.0	20	31	23	20	19	27	31	--	86.7	130.0	156.0
22.20	63.00	28.64	4	1.02	3.35	180	2.10	3.5	945.6	1418.4	189.0	27	32	24	21	20	28	32	--	105.0	157.5	189.0
22.40	67.00	22.33	4	1.02	3.37	183	2.23	3.7	951.5	1427.2	201.0	29	32	25	21	20	28	32	--	111.7	167.5	201.0
22.60	63.00	47.37	3	0.94	3.39	180	--	--	--	--	--	26	32	24	21	20	28	32	--	105.0	157.5	189.0
22.80	67.00	20.12	4	1.02	3.41	183	2.23	3.7	963.4	1445.1	201.0	28	32	25	21	20	28	32	--	111.7	167.5	201.0
23.00	62.00	20.20	4	1.02	3.43	180	2.07	3.3	962.3	1443.5	186.0	25	32	24	21	20	27	32	--	103.3	155.0	186.0
23.20	127.00	22.97	4	1.07	3.46	215	4.23	8.1	827.2	1240.9	381.0	50	35	28	25	23	31	35	--	211.7	317.5	381.0
23.40	117.00	27.40	4	1.06	3.48	210	3.90	7.2	861.4	1292.1	351.0	47	35	27	24	23	31	35	--	195.0	292.5	351.0
23.60	134.00	32.45	3	1.05	3.50	238	--	--	--	--	--	51	35	28	25	23	32	35	--	223.3	335.0	402.0
23.80	120.00	28.10	4	1.07	3.52	212	4.00	7.4	866.8	1300.1	360.0	48	35	27	24	23	31	35	--	200.0	300.0	360.0
24.00	132.00	--	3	1.05	3.54	237	--	--	--	--	--	51	35	28	25	23	31	35	--	220.0	330.0	396.0

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	riferimento	130130a
	certificato n°	028/13

Committente: Studio Geolink	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 30/01/2013
Cantiere: 130130a	Pagina: 1	Data certificato: 05/02/2013
Località: Valdottavo - Borgo a Mozzano	Elaborato:	Falda: -11.50 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0.20	0.0	0	0	0.00	0.47	0		15.20	83.0	103	0	83.00	4.47	19	5.4
0.40	7.0	14	0	7.00	0.27	26	3.9	15.40	61.0	128	0	61.00	3.60	17	5.9
0.60	5.0	9	0	5.00	0.13	38	2.6	15.60	66.0	120	0	66.00	2.67	25	4.0
0.80	4.0	6	0	4.00	0.20	20	5.0	15.80	66.0	106	0	66.00	3.73	18	5.7
1.00	6.0	9	0	6.00	0.20	30	3.3	16.00	54.0	110	0	54.00	0.80	68	1.5
1.20	26.0	29	0	26.00	1.00	26	3.8	16.20	66.0	78	0	66.00	2.27	29	3.4
1.40	31.0	46	0	31.00	1.00	31	3.2	16.40	93.0	127	0	93.00	2.00	47	2.2
1.60	37.0	52	0	37.00	1.47	25	4.0	16.60	80.0	110	0	80.00	3.47	23	4.3
1.80	26.0	48	0	26.00	1.27	20	4.9	16.80	57.0	109	0	57.00	3.53	16	6.2
2.00	27.0	46	0	27.00	1.20	23	4.4	17.00	64.0	117	0	64.00	4.27	15	6.7
2.20	34.0	52	0	34.00	1.20	28	3.5	17.20	68.0	132	0	68.00	4.47	15	6.6
2.40	33.0	51	0	33.00	1.53	22	4.6	17.40	52.0	119	0	52.00	4.27	12	8.2
2.60	31.0	54	0	31.00	0.73	42	2.4	17.60	42.0	106	0	42.00	3.73	11	8.9
2.80	24.0	35	0	24.00	1.20	20	5.0	17.80	48.0	104	0	48.00	2.87	17	6.0
3.00	24.0	42	0	24.00	1.53	16	6.4	18.00	55.0	98	0	55.00	1.73	32	3.1
3.20	19.0	42	0	19.00	0.93	20	4.9	18.20	41.0	67	0	41.00	3.73	11	9.1
3.40	22.0	36	0	22.00	0.80	28	3.6	18.40	48.0	104	0	48.00	2.60	18	5.4
3.60	32.0	44	0	32.00	1.27	25	4.0	18.60	71.0	110	0	71.00	4.27	17	6.0
3.80	33.0	52	0	33.00	1.60	21	4.8	18.80	48.0	112	0	48.00	1.93	25	4.0
4.00	32.0	56	0	32.00	1.33	24	4.2	19.00	57.0	107	0	57.00	3.37	17	5.9
4.20	27.0	47	0	27.00	1.87	14	6.9	19.20	26.0	55	0	26.00	1.96	13	7.5
4.40	23.0	51	0	23.00	2.00	12	8.7	19.40	45.0	99	0	45.00	2.67	17	5.9
4.60	28.0	58	0	28.00	1.40	20	5.0	19.60	67.0	107	0	67.00	3.67	18	5.5
4.80	23.0	44	0	23.00	1.33	17	5.8	19.80	87.0	142	0	87.00	2.80	31	3.2
5.00	17.0	37	0	17.00	1.00	17	5.9	20.00	57.0	99	0	57.00	3.27	17	5.7
5.20	21.0	36	0	21.00	0.80	26	3.8	20.20	44.0	93	0	44.00	2.53	17	5.8
5.40	19.0	31	0	19.00	1.20	16	6.3	20.40	74.0	112	0	74.00	4.27	17	5.8
5.60	41.0	59	0	41.00	2.27	18	5.5	20.60	65.0	129	0	65.00	2.67	24	4.1
5.80	22.0	56	0	22.00	0.53	42	2.4	20.80	86.0	126	0	86.00	1.00	86	1.2
6.00	45.0	53	0	45.00	2.33	19	5.2	21.00	119.0	134	0	119.00	4.27	28	3.6
6.20	36.0	71	0	36.00	2.67	13	7.4	21.20	45.0	109	0	45.00	2.80	16	6.2
6.40	17.0	57	0	17.00	1.07	16	6.3	21.40	52.0	94	0	52.00	2.47	21	4.8
6.60	18.0	34	0	18.00	1.07	17	5.9	21.60	32.0	69	0	32.00	1.27	25	4.0
6.80	23.0	39	0	23.00	1.13	20	4.9	21.80	16.0	35	0	16.00	0.40	40	2.5
7.00	22.0	39	0	22.00	1.80	12	8.2	22.00	76.0	82	0	76.00	4.20	18	5.5
7.20	26.0	53	0	26.00	1.80	14	6.9	22.20	71.0	134	0	71.00	4.53	16	6.4
7.40	26.0	53	0	26.00	1.27	20	4.9	22.40	54.0	118	0	54.00	4.28	13	7.9
7.60	35.0	54	0	35.00	1.47	24	4.2	22.60	53.0	121	0	53.00	3.33	16	6.3
7.80	38.0	60	0	38.00	2.13	18	5.6	22.80	45.0	95	0	45.00	4.00	11	8.9
8.00	38.0	70	0	38.00	0.67	57	1.8	23.00	49.0	109	0	49.00	3.67	13	7.5
8.20	60.0	70	0	60.00	2.33	26	3.9	23.20	77.0	151	0	77.00	4.90	16	6.4
8.40	37.0	72	0	37.00	1.87	20	5.1	23.40	82.0	163	0	82.00	4.73	17	5.8
8.60	36.0	64	0	36.00	2.40	15	6.7	23.60	114.0	185	0	114.00	4.80	24	4.2
8.80	47.0	83	0	47.00	2.40	20	5.1	23.80	120.0	192	0	120.00	4.80	25	4.0
9.00	35.0	71	0	35.00	2.33	15	6.7	24.00	115.0	187	0	115.00	0.00	25	0.0
9.20	95.0	130	0	95.00	4.07	23	4.3								
9.40	54.0	115	0	54.00	4.20	13	7.8								
9.60	49.0	112	0	49.00	2.27	22	4.6								
9.80	84.0	118	0	84.00	3.47	24	4.1								
10.00	75.0	127	0	75.00	1.00	75	1.3								
10.20	39.0	54	0	39.00	1.67	23	4.3								
10.40	25.0	50	0	25.00	0.67	37	2.7								
10.60	80.0	93	0	80.00	0.89	90	1.1								
10.80	59.0	66	0	59.00	1.67	35	2.8								
11.00	39.0	64	0	39.00	0.73	53	1.9								
11.20	30.0	58	0	30.00	1.85	16	6.2								
11.40	40.0	72	0	40.00	1.40	29	3.5								
11.60	55.0	76	0	55.00	1.07	51	1.9								
11.80	50.0	66	0	50.00	0.73	68	1.5								
12.00	43.0	54	0	43.00	1.00	43	2.3								
12.20	55.0	70	0	55.00	2.40	23	4.4								
12.40	77.0	113	0	77.00	3.27	24	4.2								
12.60	49.0	98	0	49.00	1.60	31	3.3								
12.80	38.0	62	0	38.00	1.80	21	4.7								
13.00	53.0	80	0	53.00	0.53	100	1.0								
13.20	38.0	46	0	38.00	1.93	20	5.1								
13.40	44.0	73	0	44.00	2.13	21	4.8								
13.60	50.0	82	0	50.00	2.47	20	4.9								
13.80	75.0	112	0	75.00	3.73	20	5.0								
14.00	74.0	130	0	74.00	2.67	28	3.6								
14.20	197.0	237	0	197.00	5.20	38	2.6								
14.40	58.0	136	0	58.00	3.13	19	5.4								
14.60	33.0	80	0	33.00	1.73	19	5.2								
14.80	51.0	77	0	51.00	1.20	43	2.4								
15.00	63.0	81	0	63.00	1.33	47	2.1								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	0.20 m sopra quota qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10.00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

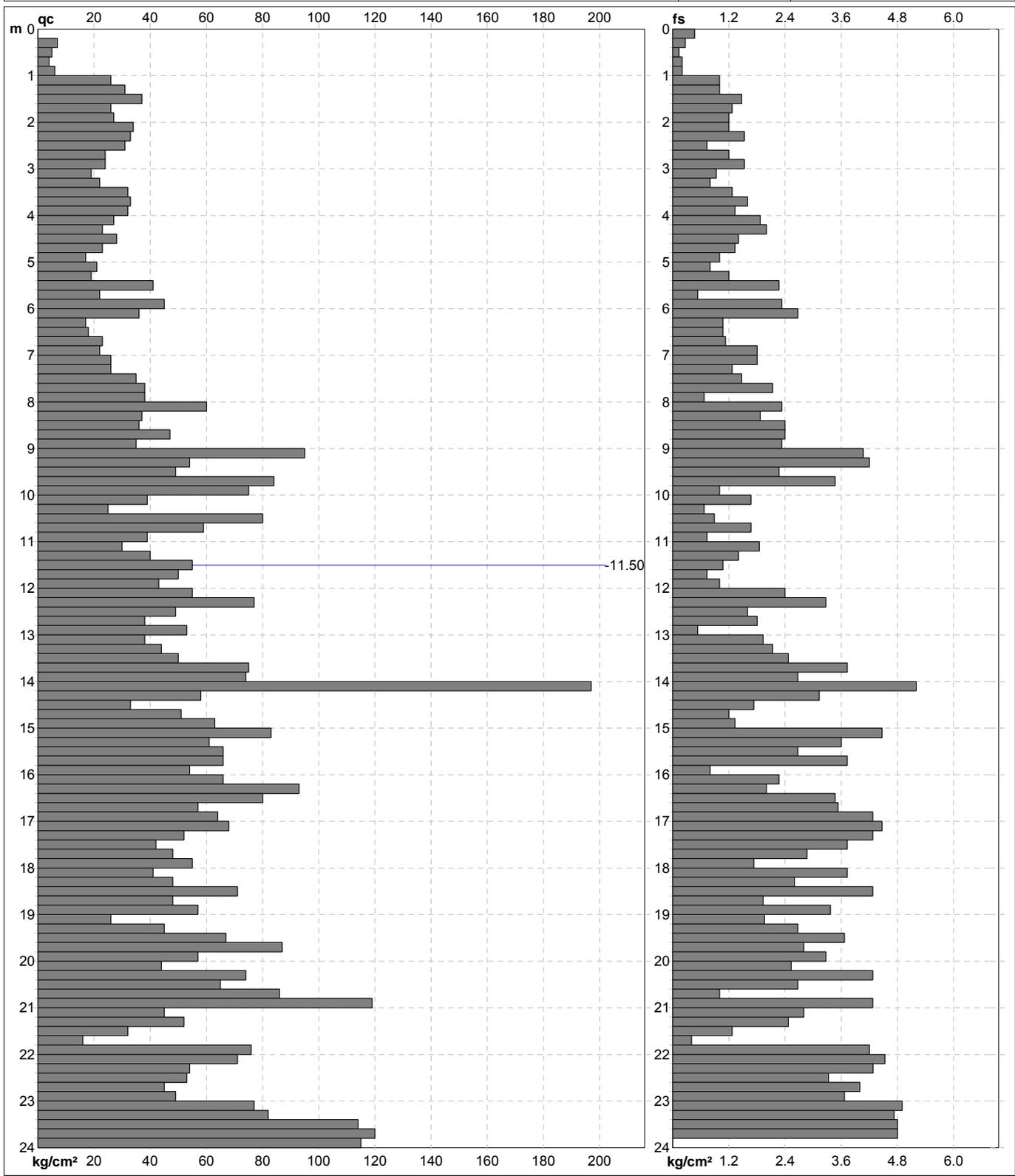
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	130130a
certificato n°	028/13

Committente: **Studio Geolink**
 Cantiere: **130130a**
 Località: **Valdottavo - Borgo a Mozzano**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 30/01/2013
 Scala: 1:120 Data certificato: 05/02/2013
 Pagina: 1 Quota inizio:
 Elaborato: Falda: -11.50 m da quota inizio



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

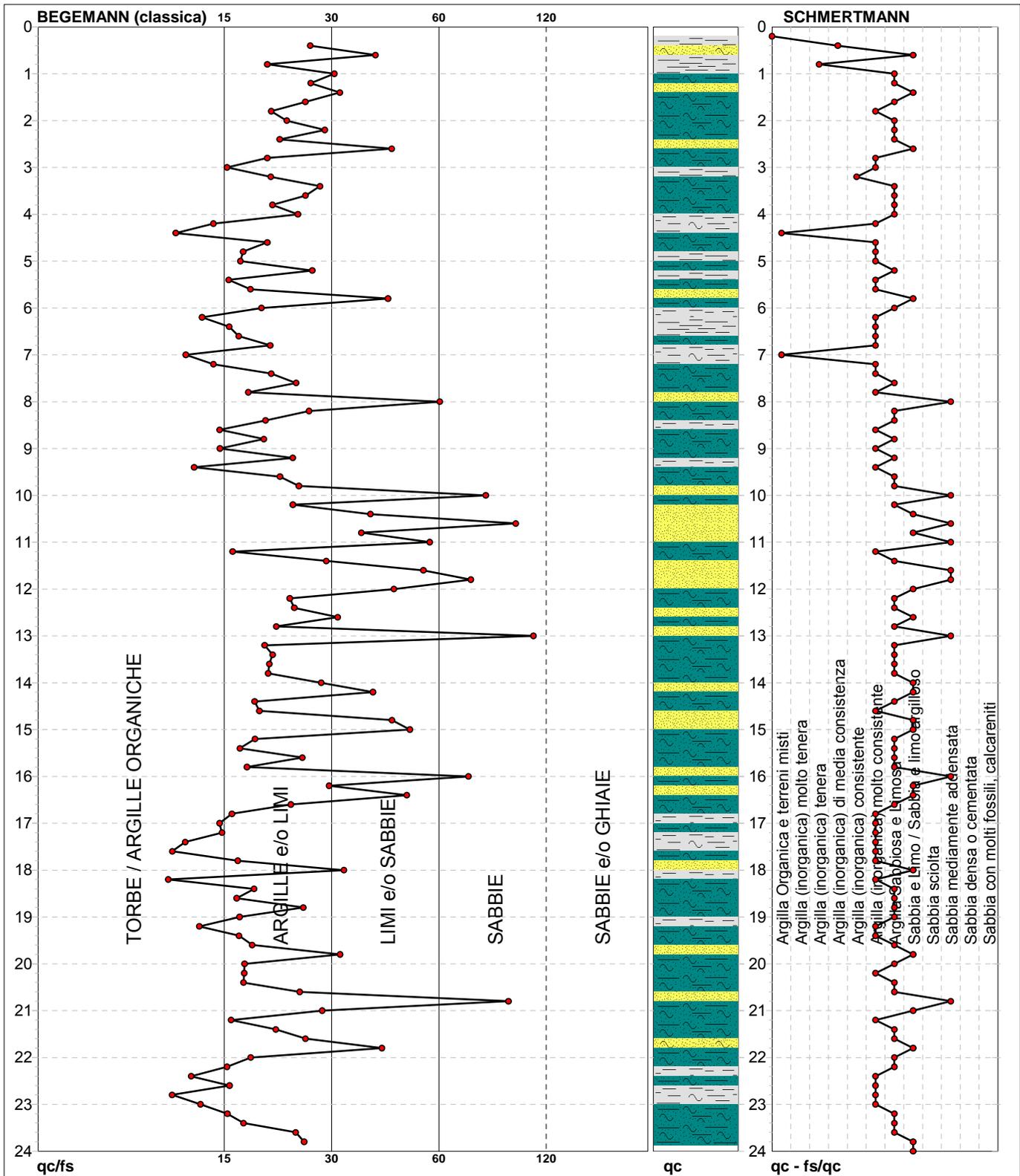
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	130130a
certificato n°	028/13

Committente: **Studio Geolink**
 Cantiere: **130130a**
 Località: **Valdottavo - Borgo a Mozzano**

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 30/01/2013
 Scala: 1:120 Data certificato: 05/02/2013
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -11.50 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	17 punti, 14.29%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 1.68%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	49 punti, 41.18%
Argille e/o Limi :	79 punti, 66.39%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punti, 0.84%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	19 punti, 15.97%
Limi e/o Sabbie :	18 punti, 15.13%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 0.84%	Sabbia mediamente addensata:	9 punti, 7.56%
Sabbie:	6 punti, 5.04%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 0.84%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	36 punti, 30.25%		

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	riferimento	130130a
	certificato n°	028/13

Committente: Studio Geolink	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 30/01/2013
Cantiere: 130130a	Pagina: 2	Data certificato: 05/02/2013
Località: Valdottavo - Borgo a Mozzano	Elaborato:	Falda: -11.50 m da quota inizio

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE							F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	σ_{Sc} (°)	σ_{Ca} (°)	σ_{Ko} (°)	σ_{DB} (°)	σ_{DM} (°)	σ_{Me} (°)				
20.00	57.00	17.43	4	1.01	3.10	172	1.90	3.4	871.0	1306.5	171.0	25	32	24	21	20	28	31	--	95.0	142.5	171.0
20.20	44.00	17.39	4	1.00	3.12	162	1.47	2.4	782.5	1173.8	132.0	16	30	23	20	19	26	31	--	73.3	110.0	132.0
20.40	74.00	17.33	4	1.03	3.14	184	2.47	4.6	873.2	1309.9	222.0	34	33	25	22	21	29	32	--	123.3	185.0	222.0
20.60	65.00	24.34	4	1.02	3.16	178	2.17	3.9	885.0	1327.5	195.0	29	32	25	22	20	28	32	--	108.3	162.5	195.0
20.80	86.00	86.00	3	0.98	3.18	193	--	--	--	--	--	39	33	26	23	22	30	33	--	143.3	215.0	258.0
21.00	119.00	27.87	4	1.06	3.20	209	3.97	8.2	763.4	1145.1	357.0	50	35	28	25	23	31	35	--	198.3	297.5	357.0
21.20	45.00	16.07	4	1.00	3.22	163	1.50	2.4	803.2	1204.7	135.0	16	30	23	20	18	26	31	--	75.0	112.5	135.0
21.40	52.00	21.05	4	1.01	3.24	170	1.73	2.9	872.3	1308.5	156.0	21	31	24	20	19	27	31	--	86.7	130.0	156.0
21.60	32.00	25.20	4	0.97	3.26	151	1.07	1.6	619.9	929.8	96.0	4	29	21	18	17	25	29	--	53.3	80.0	96.0
21.80	16.00	40.00	4	0.90	3.28	127	0.70	0.9	417.4	626.1	51.8	--	28	18	14	13	25	27	--	26.7	40.0	48.0
22.00	76.00	18.10	4	1.03	3.30	187	2.53	4.5	919.4	1379.1	228.0	33	33	25	22	21	29	33	--	126.7	190.0	228.0
22.20	71.00	15.67	4	1.03	3.32	185	2.37	4.1	926.3	1389.5	213.0	31	32	25	22	20	28	32	--	118.3	177.5	213.0
22.40	54.00	12.62	4	1.01	3.34	174	1.80	2.9	902.0	1353.0	162.0	21	31	24	20	19	27	31	--	90.0	135.0	162.0
22.60	53.00	15.92	4	1.01	3.36	171	1.77	2.8	897.2	1345.8	159.0	21	31	23	20	19	27	31	--	88.3	132.5	159.0
22.80	45.00	11.25	4	1.00	3.38	164	1.50	2.3	816.4	1224.7	135.0	15	30	23	19	18	26	31	--	75.0	112.5	135.0
23.00	49.00	13.35	4	1.01	3.40	168	1.63	2.5	864.3	1296.5	147.0	18	30	23	20	19	26	31	--	81.7	122.5	147.0
23.20	77.00	15.71	4	1.03	3.42	188	2.57	4.4	954.5	1431.7	231.0	33	33	25	22	21	29	33	--	128.3	192.5	231.0
23.40	82.00	17.34	4	1.04	3.44	191	2.73	4.7	956.1	1434.2	246.0	35	33	26	22	21	29	33	--	136.7	205.0	246.0
23.60	114.00	23.75	4	1.06	3.46	208	3.80	7.1	865.9	1298.8	342.0	46	34	27	24	23	31	34	--	190.0	285.0	342.0
23.80	120.00	25.00	4	1.07	3.48	212	4.00	7.5	853.8	1280.7	360.0	48	35	27	24	23	31	35	--	200.0	300.0	360.0
24.00	115.00	--	3	1.02	3.50	210	--	--	--	--	--	46	34	27	24	23	31	35	--	191.7	287.5	345.0

Allegato 4

Prospezione sismica a rifrazione onde P, MASW e HVSR



Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. IT12/0149
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e
geofisiche, ambientali, idrometriche"



RELAZIONE TECNICA

Committente: Studio Geolink

Località: Valdottavo

Data Indagine: 30/01/2013

Codice lavoro: 130130a

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano

Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 13/02/2013

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Pagina 1 di 23

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

Sommario

PREMESSA.....	3
INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE	5
SISMICA A RIFRAZIONE - GENERALITA'	5
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	7
ELABORAZIONE DEI DATI	7
ANALISI DEI RISULTATI DELLA TOMOGRAFIA SISMICA	9
INDAGINI SISMICHE MASW	10
METODO MASW – GENERALITA'	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	11
ELABORAZIONE DEI DATI	12
ANALISI DELLE INDAGINI EFFETTUATE.....	13
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR.....	17
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR - GENERALITA'.....	17
SISTEMA DI ACQUISIZIONE	20
ELABORAZIONE DEI DATI	20

Allegati

Profili Sismo-Tomografici Scala 1:200

Profili Sismo-Tomografici Scala 1:150

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

PREMESSA

Per incarico dello Studio Geolink, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Valdottavo, nel Comune di Borgo a Mozzano.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

La tecnica geofisica utilizzata è stata la Sismica a Rifrazione a mezzo di onde P con tecnica Tomografica, la MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) ed indagini sismiche HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

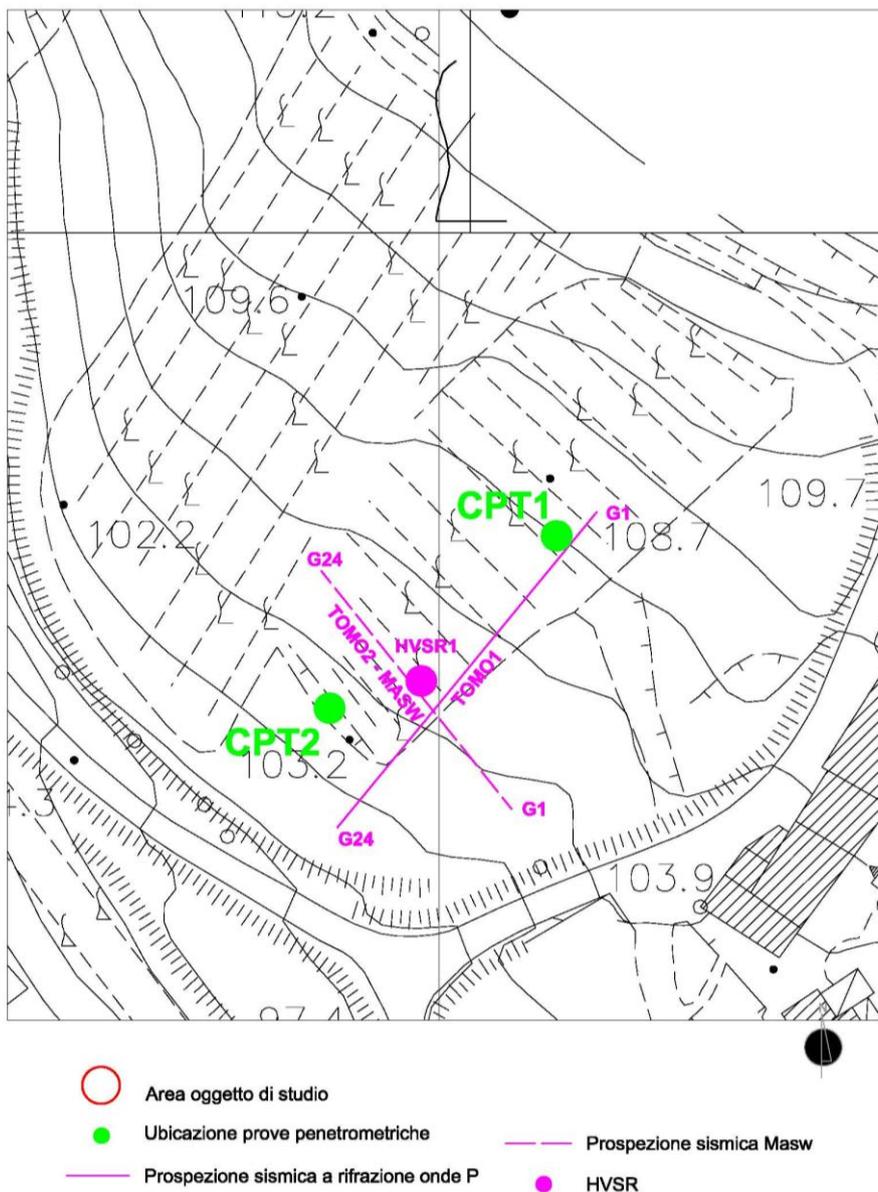


Figura 1: Ubicazione delle indagini effettuate

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR



Figura 2: Stendimento sismico TOMO1



Figura 3 Stendimento sismico TOMO2 e MASW

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

SISMICA A RIFRAZIONE - GENERALITA'

Le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione, si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione") o trasversali (onde SH o "di taglio") per determinare spessori e andamento dei livelli presenti.

La prospezione consiste nel generare un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una determinata sorgente di energia (colpo di mazza o di maglio, esplosivo etc.) e nel misurare il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino agli apparecchi di ricezione (*geofoni*) seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (*Legge di Snell*), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di ricevitori (*geofoni*) che vengono spazati lungo un determinato allineamento (base sismica) e da un cronografo che registra l'istante di inizio della perturbazione elastica ed i tempi di primo arrivo delle onde a ciascun geofono. Così, osservando i primi arrivi su punti posti a distanze diverse dalla sorgente energizzante, è possibile costruire una curva tempo-distanza (*dromocrona*) rappresentante la variazione del minimo percorso in funzione del tempo. Attraverso metodi analitici si ricavano quindi le velocità delle onde elastiche longitudinali (V_p) o trasversali (V_s) dei mezzi attraversati ed il loro spessore.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa tra larghi limiti; per lo stesso tipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità V_p dell'ordine di 1400÷1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dallo strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");

- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione, ma può ovviamente ridursi la precisione nella determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;

- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere più contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocrone delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Per il trattamento dei dati, per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano.

Con nuove tecniche di acquisizione e di inversione dati come il "*Delta-t-v-Method*" e soprattutto con l'applicazione dell'algoritmo *WET (Wavepath Eikonal Traveltime Tomography Processing)* è possibile indagare fenomeni come gradienti verticali di velocità all'interno degli strati e quindi valutare inversioni di velocità, sia forti variazioni locali di velocità che consentono di avere informazioni più precise sull'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo e di conseguenza sulla distribuzione degli orizzonti sismici che vengono delineati.

Questa tecnica fornisce l'immagine della distribuzione delle onde sismiche sotto la superficie, basate sui tempi di primo arrivo (come nella normale sismica a rifrazione) e sulla geometria di acquisizione. Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Sono state effettuate n° 2 prospezioni sismiche a rifrazione a 24 geofoni.

TOMO 1: interasse $i = 2$ m - lunghezza ml 46, in onde P

TOMO 2: interasse $i = 1.5$ m - lunghezza ml 34.5, in onde P

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo
- sorgente energizzante
- trigger
- apparecchiatura di ricezione

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2002* a 16 bit.

Come sorgente energizzante per le onde P è stato utilizzato un grave di 20 kg.

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Per la ricezione delle onde P sono stati utilizzati 24 geofoni verticali Geospace Oyo con frequenza propria di 4.5 Hz.

ELABORAZIONE DEI DATI

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. determinazione dei tempi di primo arrivo.
2. Inversione Delta t-V che permette di ottenere profili monodimensionali (1D) di tipo profondità/velocità.
3. Ottimizzazione del profilo, per iterazioni successive, mediante inversione tomografica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).
4. Controllo del "fitting" tra tempi misurati e tempi calcolati ed eventuale reiterazione del processo di inversione.
5. Output grafico della sezione tomografica.

L'elaborazione tomografica, eseguita con il programma RAYFRACT, avviene quindi in almeno due fasi successive: una prima elaborazione porta alla ricostruzione delle stratigrafie di velocità sismica

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

con la tecnica Delta-t-V, cioè si ricostruiscono con cadenza pari alla metà della cadenza dei geofoni (CMP = Common Mid Point) le successioni di velocità compatibili con l'andamento di tutte le possibili dromocrone nei punti intermedi tra punto di tiro e geofono. Dal modello ricostruito come successione di stratigrafie di resistività viene elaborato un modello ad elementi finiti di piccolissime dimensioni (ordine di grandezza di qualche decimetro di lato) che può già rappresentare un attendibile modello del sottosuolo.

Tuttavia questo rappresenta una prima approssimazione alla soluzione. Il passo successivo è quello di ottimizzare, in maniera iterativa, il suddetto modello di partenza mediante la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime).

In pratica si effettua il calcolo delle differenze dei tempi di arrivo dai vari punti di tiro ai vari geofoni, tra i valori sperimentali misurati nei sismogrammi ed i tempi calcolati sul modello di partenza. In base alle differenze riscontrate, per ciascun percorso delle onde sismiche, si apportano modifiche, in aumento o in diminuzione, delle velocità che caratterizzano i vari elementi che sono stati interessati dal passaggio del fronte d'onda considerato. Ad ogni iterazione, dopo avere apportato le modifiche alle velocità dei vari elementi, il nuovo modello viene sottoposto ad una operazione di smoothing che porta ad una migliore omogeneità dei valori di velocità entro aree di dimensioni maggiori.

In genere sono sufficienti da 10 a 20 iterazioni per giungere ad un modello che porta a scarti medi tra i tempi (Traveltime) dei vari percorsi dell'ordine di qualche millisecondo (Schuster & Quintus-Bosz, 1999).

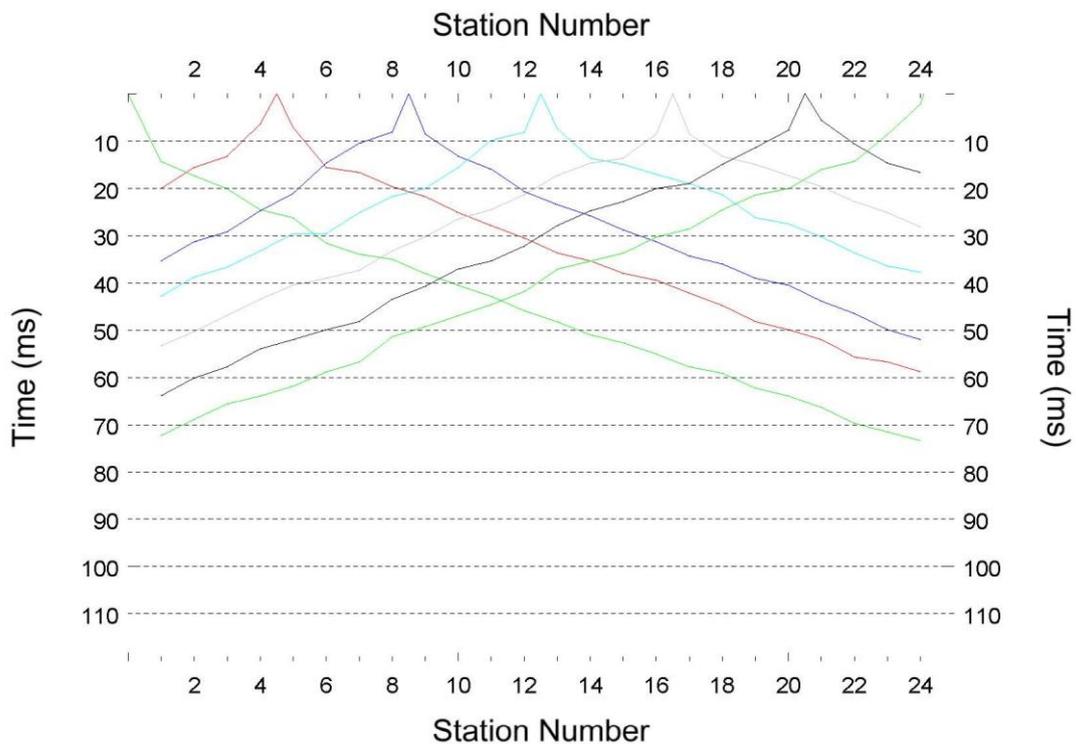


Figura 4: Dromocrone Line1_P

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

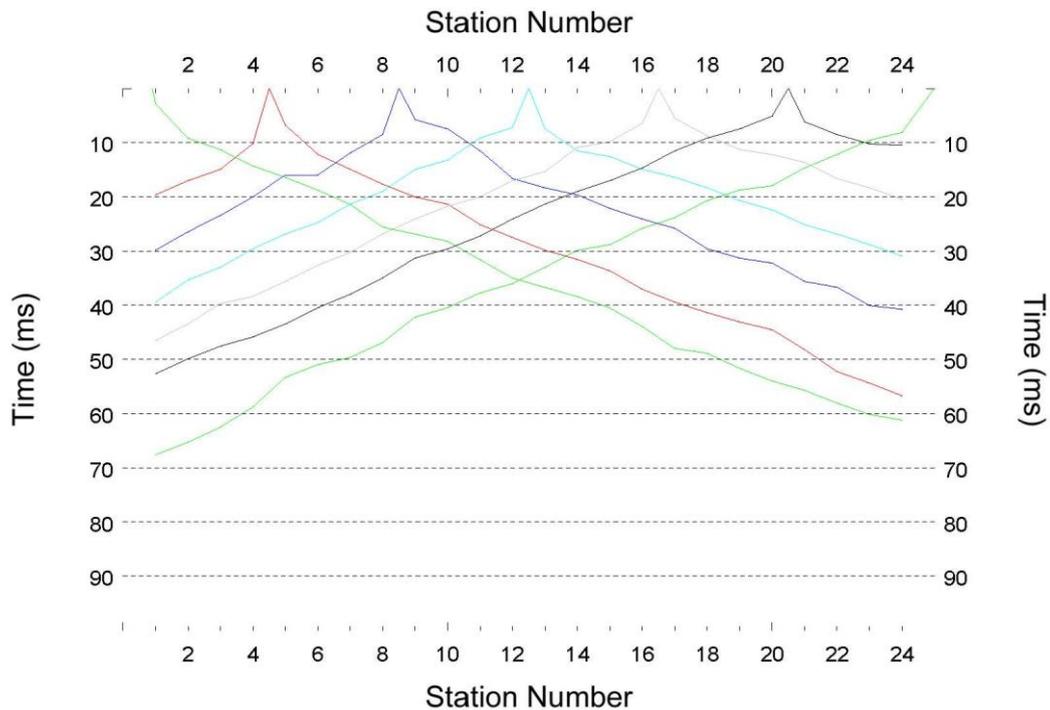


Figura 5: Dromocrone Line2_P

ANALISI DEI RISULTATI DELLA TOMOGRAFIA SISMICA

Con le modalità suddette sono state ottenute le tomografie relative alla velocità delle onde P che mostrano velocità che variano da 150 m/s a 850 m/s.

Con riferimento alle sezioni sismo-tomografiche allegate, in dettaglio si ha:

- dalla superficie fino a profondità massima di circa 1-2 m si incontra un primo strato con $V_p = 150 \div 500$ m/sec correlabile con il terreno agrario e/o la copertura detritica da sciolta a mediamente addensata/compatta;
- al di sotto, $V_p > 500$ m/sec possono essere riferibili alla copertura detritica mediamente addensata/compatta.

INDAGINI SISMICHE MASW

METODO MASW – GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni (a componente verticale per l'analisi delle onde di Rayleigh o a componente orizzontale per le onde di Love) allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love (vedi Figura 2).

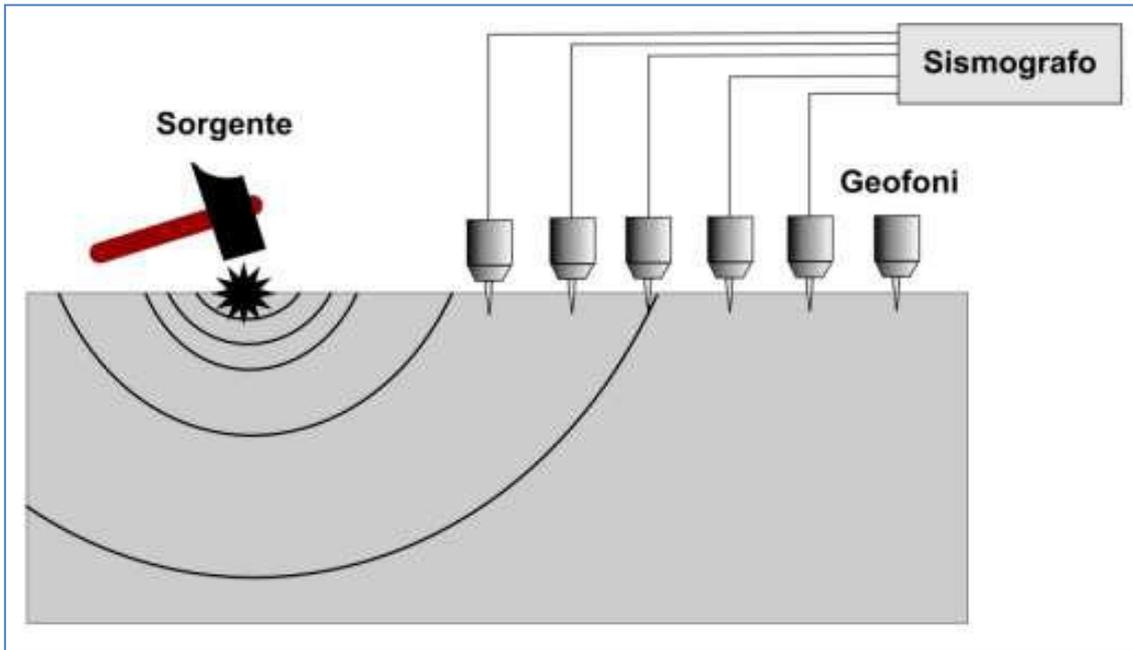


Figura 6: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2002* a 16 bit.

Come sorgente energizzante è stato utilizzato un maglio di circa 20 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Sono stati utilizzati geofoni verticali Geospace Oyo con frequenza propria di 4.5 Hz.

ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione e il picking della curva di dispersione
4. inversione delle curve di dispersione per individuare i profili di velocità delle onde di taglio

L'inversione delle curve di dispersione può essere eseguita con procedura manuale, con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Nella procedura "manuale" l'utente assegna, per tentativi, diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale individuabile dallo spettro. Lo scopo è ottenere una valutazione di un possibile modello rispetto allo spettro osservato.

La procedura "automatica" consiste nell'inversione delle curve di dispersione a partire da uno spazio di ricerca (valori di V_S e spessori all'interno dei quali si cerca la soluzione ottimale), definito in modo automatico dal programma e corretto sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche del sito note a priori.

La ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad una solida tecnica di ottimizzazione che si rifà ai cosiddetti algoritmi genetici che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

Nella procedura "mista", viene utilizzato un modello di partenza precedentemente individuato, la cui curva di dispersione risulta in accordo con lo spettro di velocità osservato.

Nell'inversione delle curve di dispersione, tale modello viene preso come punto di partenza per l'ottimizzazione e vengono cercate soluzioni in un intervallo di V_s e spessori attorno a tale modello eventualmente modificato in base alle conoscenze geologiche e geofisiche del sito.

I dati di questa indagine sono stati elaborati utilizzando la procedura "automatica" descritta in precedenza.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità (V_{s30}) e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

ANALISI DELLE INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh.

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
Coordinate Gauss-Boaga del centro dello stendimento	1618993 ; 4866743
Orientazione	N330
N° geofoni	24 (verticali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 3m
Sorgente	mazza battente da 20kg

In figura 8 sono riportate diverse informazioni: in alto a sinistra sono presentati i dati osservati, la curva del modello “migliore” e quella del modello medio (molto spesso le due curve sono sovrapposte e quindi indistinguibili); poco più in basso il “grafico *misfit*-generazione”, il quale dà evidenza del miglioramento del modello al procedere delle generazioni; sulla destra il profilo verticale della VS in funzione della profondità.

I modelli presentati come soluzione sono due: il modello “migliore” (*fittest model*) in termini di minor *misfit*, cioè discrepanza tra curva osservata e calcolata e un modello medio (*mean model*) calcolato secondo un’operazione statistica nota come MPPD (*Marginal Posterior Probability Density - “Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probability Density Evaluation”* – Dal Moro et al., 2006). I due modelli solitamente non differiscono in modo significativo; ad ogni modo si ritiene preferibile prendere come risultato finale il modello medio (*mean model*).

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSR

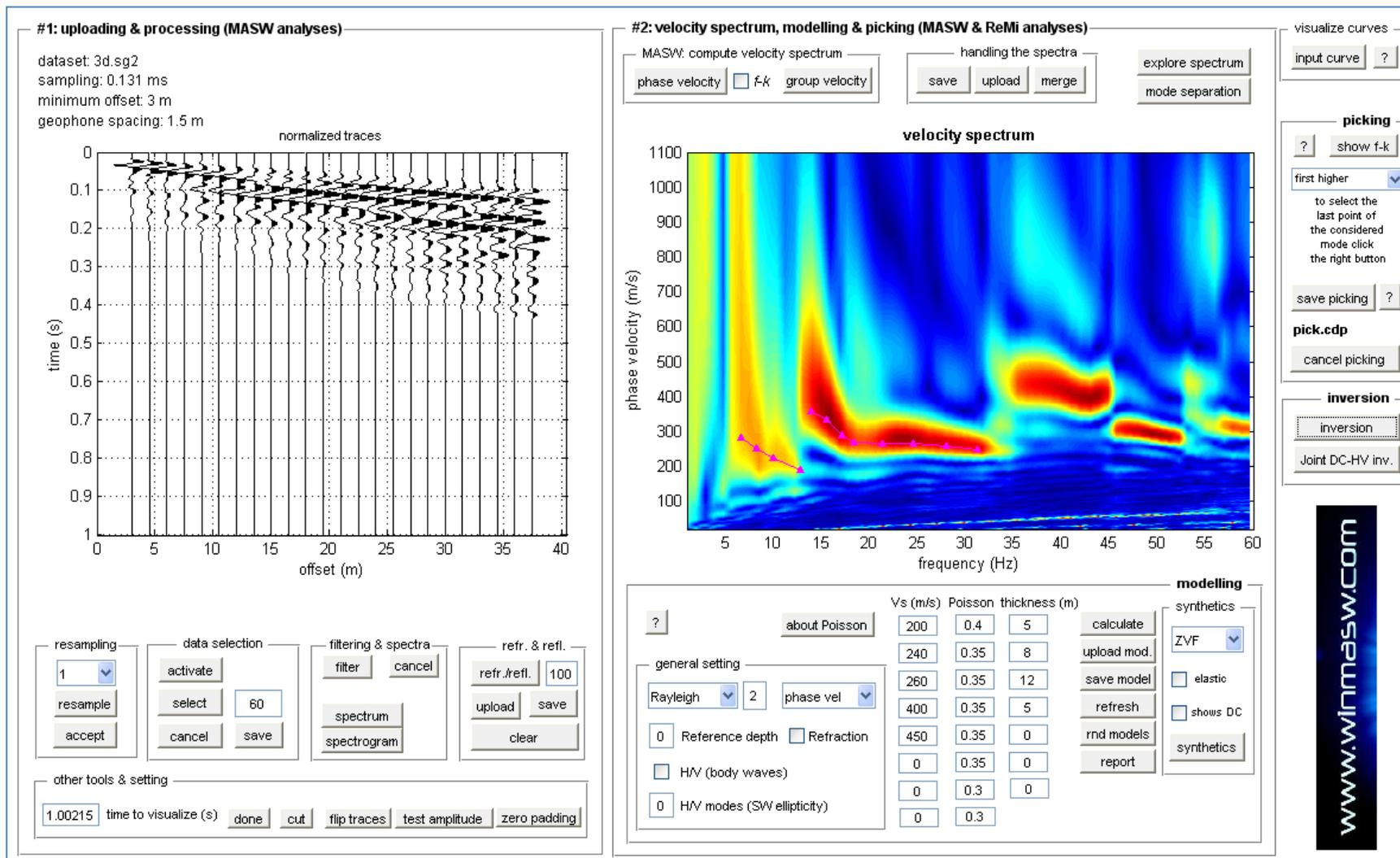


Figura 7: Indagine MASW: Sismogramma, spettro di velocità, curva di dispersione piccata (off-set 3m su G1)

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
 INDAGINI SISMICHE MASW – INDAGINI SISMICHE HVSr

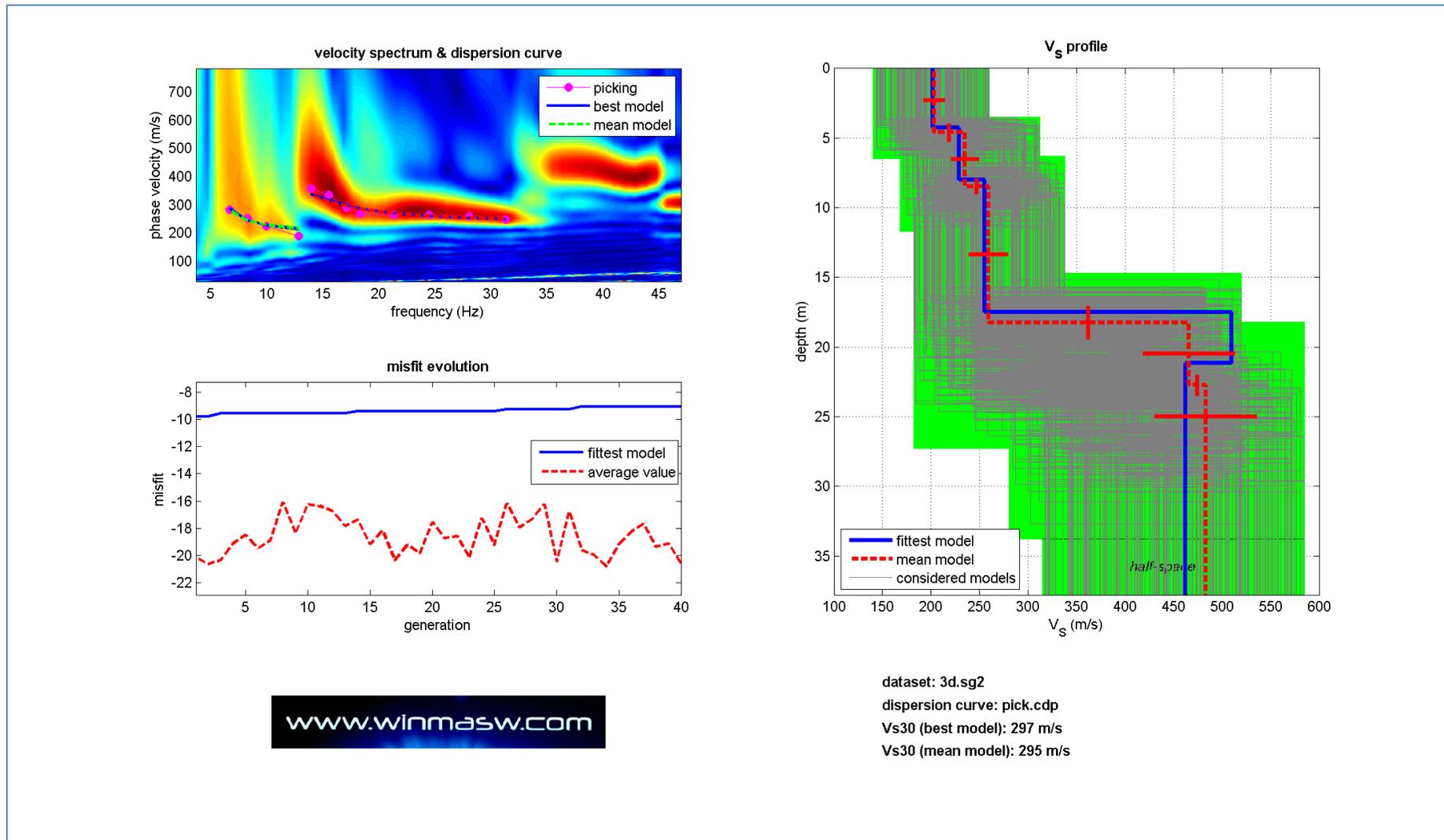


Figura 8: Indagine MASW: spettro osservato, curve di dispersione *piccate* e curve del modello individuato dall'inversione; profilo verticale Vs identificato; grafico *misfit*-generazione (off-set 3m su G1)

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

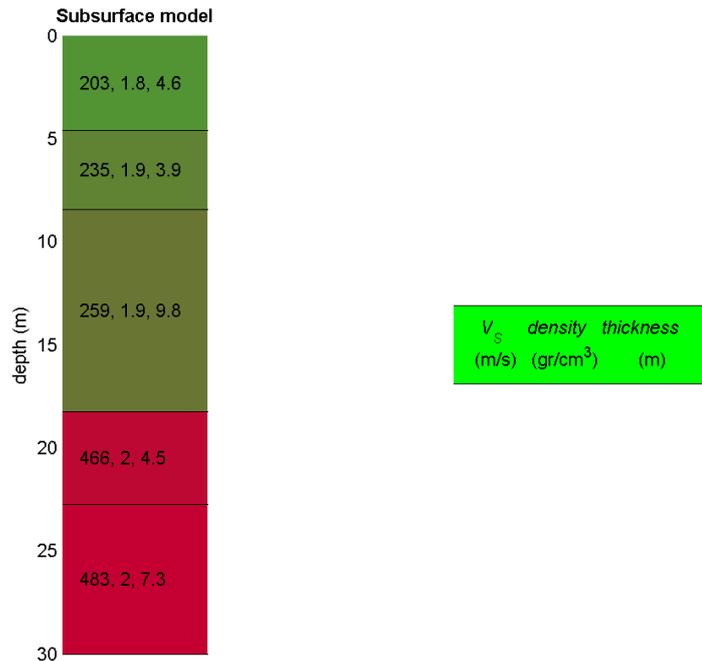


Figura 9: Indagine MASW: Modello sismo stratigrafico

Modello medio

V_s (m/s): 203, 235, 259, 466, 483
 Standard deviations (m/s): 11, 14, 20, 47, 52
 Thickness (m): 4.6, 3.9, 9.8, 4.5
 Standard deviations (m/s): 0.6, 0.6, 1.2, 0.7

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.85 1.88 1.90 2.05 2.03
 Shear modulus (MPa) (approximate values): 76 104 128 444 473

Analyzing Phase velocities
 Considered dispersion curve: pick.cdp
 Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson
 V_p (m/s): 423 489 539 970 904
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

V_{s30} (m/s): 295

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR - GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite uno specifico software di calcolo, per cui è possibile determinare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come richiesto dalle N.T.C. 2008;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

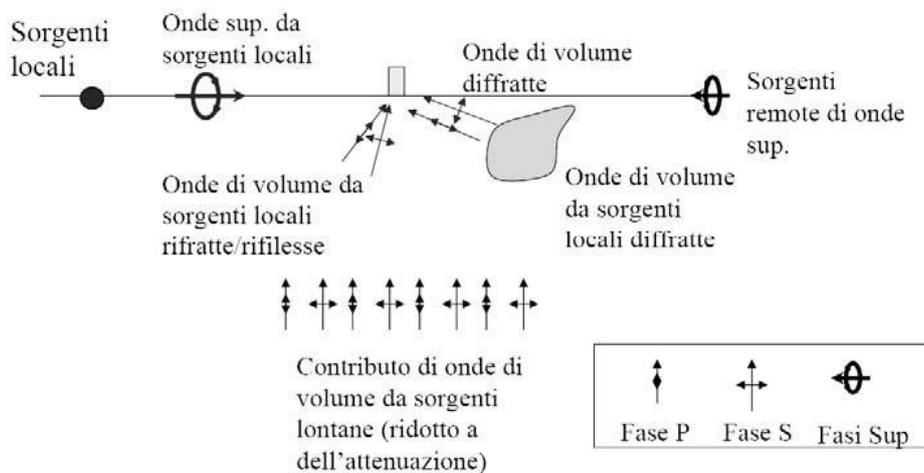


Figura 9: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

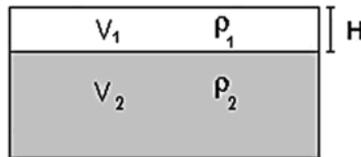
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico "TROMINO" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie.

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°2 registrazioni della durata di 20 minuti.

ELABORAZIONE DEI DATI

L'interpretazione dei dati consente di correlare il valore di un eventuale picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del bedrock geofisico e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *Grilla* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P

INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

HVSR_1

Coordinate Gauss-Boaga: 1618993 4866743

Inizio registrazione: 30/01/13 18:22:01 Fine registrazione: 30/01/13 18:42:02

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 97% tracciato (selezione manuale)

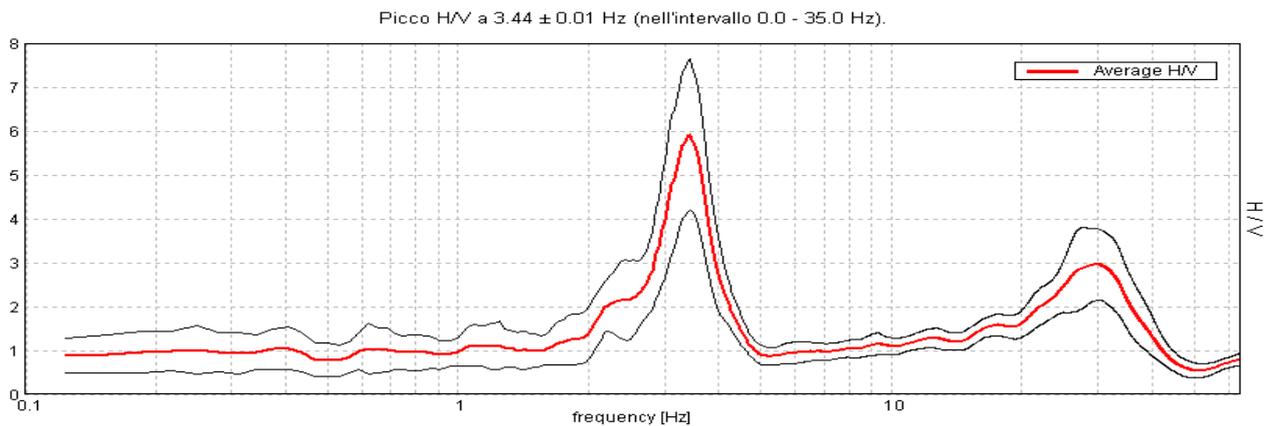
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

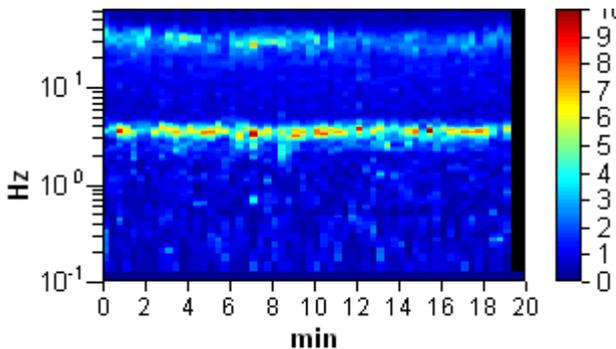
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

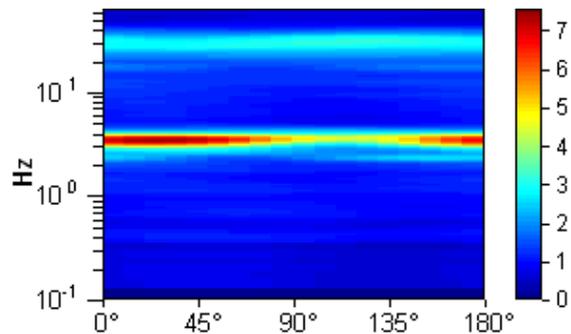
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V

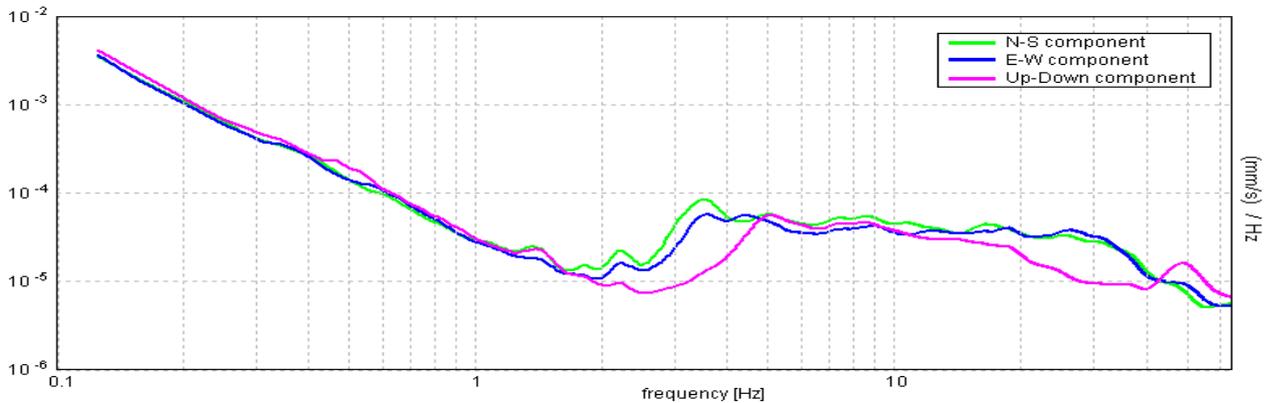


DIREZIONALITA' H/V



INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Check-list corrispondenza analisi agli standard SESAME

Picco H/V a 3.44 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 10.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]					
$f_0 > 10 / L_w$	$3.44 > 0.50$	OK			
$n_c(f_0) > 200$	$3987.5 > 200$	OK			
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 166	OK			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK			
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	3.969 Hz	OK			
$A_0 > 2$	$5.91 > 2$	OK			
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0016 < 0.05$	OK			
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.00549 < 0.17188$	OK			
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8564 < 1.58$	OK			
L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{HV}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log HV}(f)$ $\theta(f_0)$	lunghezza della finestra numero di finestre usate nell'analisi numero di cicli significativi frequenza attuale frequenza del picco H/V deviazione standard della frequenza del picco H/V valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 ampiezza della curva H/V alla frequenza f frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$ frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$ deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$ valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$				
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 1.0$	$1.0 - 2.0$	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P
INDAGINE SISMICA MASW – INDAGINE SISMICA HVSR

Picco H/V a 29.78 ± 0.04 Hz (nell'intervallo 10.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	29.78 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	34546.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1430	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	16.188 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	39.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.96 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00067 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01998 < 1.48906	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4047 < 1.58	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

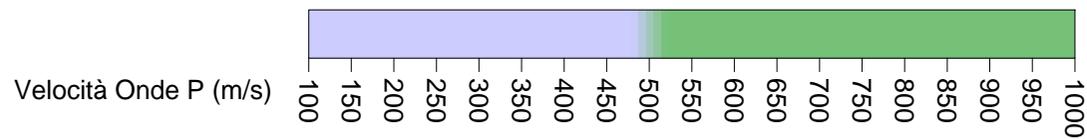
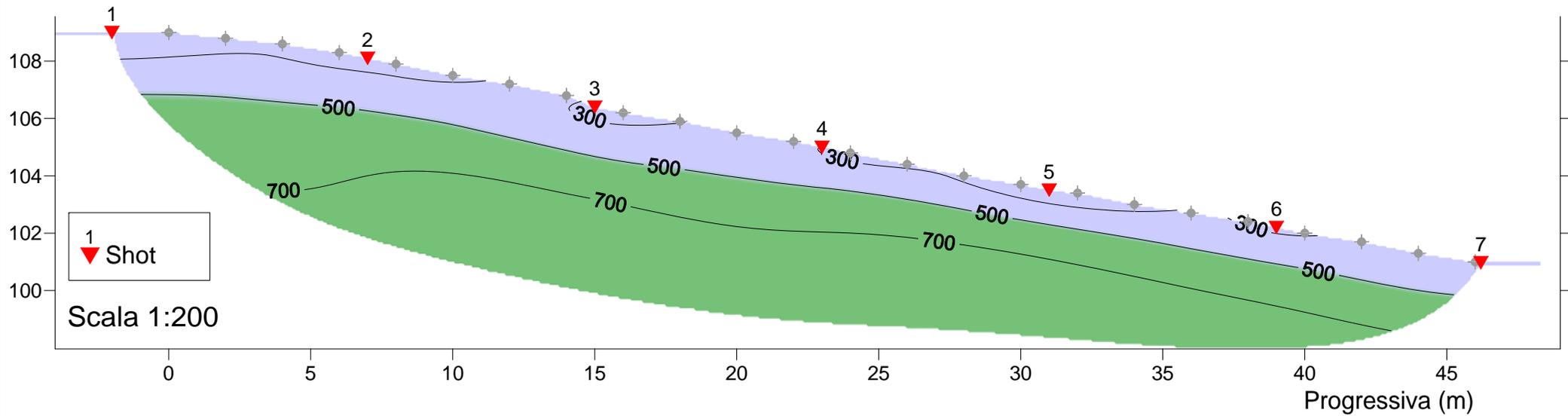
San Giuliano Terme (PI),
13 febbraio 2013

GAIA Servizi S.n.c.
Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Varnozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Località: Valdottavo
 Data: Gennaio 2013

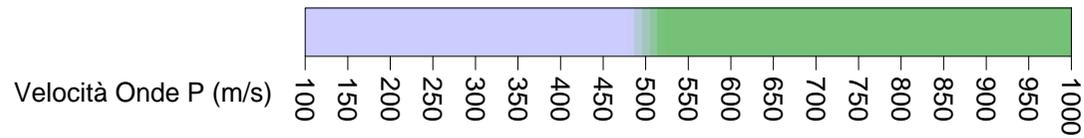
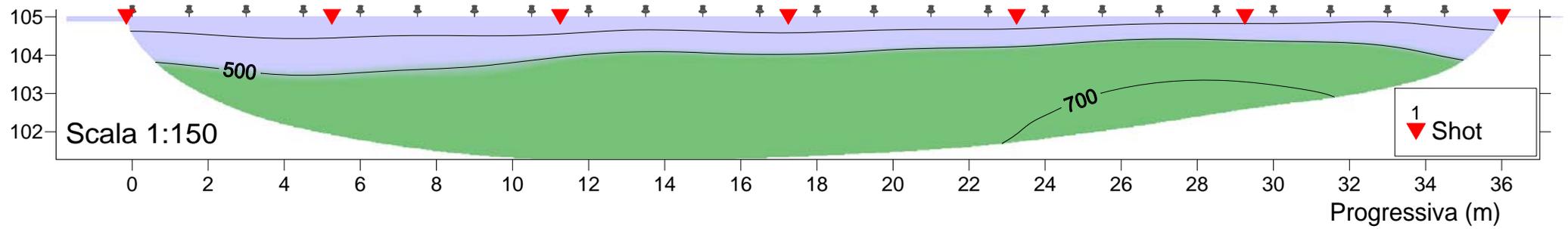
PROFILO SISMO-TOMOGRAFICO LINE 1_P



Località: Valdottavo

Data: Gennaio 2013

PROFILO SISMO-TOMOGRAFICO LINE 2_P



Allegato 5

Verifiche di stabilità del versante

VERIFICA DI STABILITA' STATO ATTUALE

Descrizione terreno*Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ^q
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ^q

Nr.	Descrizione	γ	γ_w	ϕ'	c'	ϕ_u	c_u
1	Substrato roccioso Marne	2300	2300	30.00	0,200	0.00	0,000
2	Suolo vegetale	1800	1900	25.00	0,000	0.00	0,000
4	Limi argillosi e argille limose	1900	2000	28.00	0,000	0.00	0,000
5	Limi argillosi con clasti	1900	2000	30.00	0,000	0.00	0,000

Profilo del piano campagna*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	22,59
2	5,58	24,72
3	12,39	26,62
4	16,68	28,53
5	21,90	28,97
6	23,08	29,07
7	23,83	30,98
8	26,75	30,98
9	29,30	34,39
10	30,16	35,54
11	44,87	35,54
12	45,41	37,11
13	65,63	39,29
14	79,59	40,85
15	93,89	42,96
16	102,40	44,39
17	106,62	45,41
18	115,00	48,83

Descrizione stratigrafia*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n°1 (Substrato roccioso Marne)

Coordinate dei vertici dello strato n°1

N°	X[m]	Y[m]
1	0,00	4,52
2	0,00	0,00
3	115,00	0,00

4	115,00	29,47
5	90,21	26,08
6	73,12	22,95
7	48,13	19,13
8	37,92	13,69

Strato N° 2 costituito da terreno n°2 (Suolo vegetale)

Coordinate dei vertici dello strato n°2

N°	X[m]	Y[m]
1	21,90	28,97
2	16,68	28,53
3	12,39	26,62
4	5,58	24,72
5	0,00	22,59
6	0,00	21,51
7	6,19	23,49
8	11,03	25,19
9	16,81	27,51
10	20,42	28,46

Strato N° 3 costituito da terreno n°2 (Suolo vegetale)

Coordinate dei vertici dello strato n°3

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	47,79
2	115,00	48,83
3	106,62	45,41
4	102,40	44,39
5	93,89	42,96
6	79,59	40,85
7	65,63	39,29
8	45,41	37,11
9	44,87	35,54
10	30,16	35,54
11	29,30	34,39
12	42,14	34,79
13	45,61	34,93
14	49,70	36,22
15	63,11	37,99
16	75,37	39,56
17	84,90	41,06
18	95,66	42,69
19	102,74	43,71
20	107,30	44,94

Strato N° 4 costituito da terreno n°4 (Limi argillosi e argil le limose)

Coordinate dei vertici dello strato n°4

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	40,08
2	115,00	47,79
3	107,30	44,94
4	102,74	43,71
5	95,66	42,69
6	84,90	41,06
7	75,37	39,56
8	63,11	37,99
9	49,70	36,22
10	45,61	34,93
11	42,14	34,79
12	29,30	34,39

13	26,75	30,98
14	23,83	30,98
15	23,08	29,07
16	21,90	28,97
17	20,42	28,46
18	16,81	27,51
19	11,03	25,19
20	6,19	23,49
21	0,00	21,51
22	0,00	16,17
23	34,31	26,69
24	38,67	27,92
25	51,47	29,35
26	76,59	34,11
27	96,00	37,04

Strato N° 5 costituito da terreno n°5 (Limi argillosi con cla sti)

Coordinate dei vertici dello strato n°5

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	29,47
2	115,00	40,08
3	96,00	37,04
4	76,59	34,11
5	51,47	29,35
6	38,67	27,92
7	34,31	26,69
8	0,00	16,17
9	0,00	4,52
10	37,92	13,69
11	48,13	19,13
12	73,12	22,95
13	90,21	26,08

Descrizione falda

Livello di falda

Nr.	X[m]	Y[m]
1	-0,07	16,07
2	37,99	24,99
3	72,10	27,71
4	115,13	33,43

Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :
Metodo di JANBU (J)

Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00

Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30
-----------	-------------	------------------	------	------

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c		1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_γ		1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione caso sismicoCoefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c		1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_γ		1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.451 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.49
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_s)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 5.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 2.64$
Coefficiente di sicurezza richiesto	1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di falda

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 31,42$	$Y_0 = 43,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$Nx = 20$	$Ny = 20$
Raggio [m]:	$R = 20,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m

- freccia inferiore a 0,50 m

- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	7848
Coefficiente di sicurezza minimo	1.740

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	7848	1.740	1	8.773	7848

Caratteristiche delle superfici analizzate*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v, y_v ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in mx_m, y_m ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C _x	C _y	R	x _v	y _v	x _m	y _m	V	C _s	caso
1	41,42	55,00	20,00	36,80	35,54	51,58	37,78	10,16	1.740 (J)	[PC]
2	43,42	63,00	27,50	41,94	35,54	55,24	38,17	11,25	1.758 (J)	[PC]
3	41,42	55,00	20,00	36,80	35,54	51,58	37,78	10,16	1.759 (J)	[PC]
4	43,42	63,00	27,50	41,94	35,54	55,24	38,17	11,25	1.777 (J)	[PC]
5	41,42	57,00	22,00	36,58	35,54	52,24	37,85	11,23	1.783 (J)	[PC]

Analisi della superficie critica*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in mY_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in mY_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in mX_g ascissa del baricentro della striscia espressa in mY_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

L sviluppo della base della striscia espressa in m (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq

W peso della striscia espresso in kg

Q carico applicato sulla striscia espresso in kg

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kg

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kgX_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e sisma verso l'alto

Numero di strisce	20	
Coordinate del centro	X[m]= 41,42	Y[m]= 55,00
Raggio del cerchio	R[m]= 20,00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 36,80	Y _v [m]= 35,54
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 51,58	Y _m [m]= 37,78
Coefficiente di sicurezza	C _s = 1.740	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s	Y _{ss}	Y _{si}	X _d	Y _{ds}	Y _{di}	X _g	Y _g	L	α	φ	c
1	36,80	35,54	35,54	37,57	35,54	35,37	37,31	35,48	0,78	-12,23	25,00	0,00
2	37,57	35,54	35,37	38,33	35,54	35,24	37,98	35,42	0,77	-10,00	25,00	0,00
3	38,33	35,54	35,24	39,09	35,54	35,14	38,73	35,36	0,77	-7,79	25,00	0,00
4	39,09	35,54	35,14	39,85	35,54	35,06	39,48	35,32	0,77	-5,59	25,00	0,00
5	39,85	35,54	35,06	40,62	35,54	35,02	40,24	35,29	0,76	-3,40	25,00	0,00
6	40,62	35,54	35,02	41,38	35,54	35,00	41,00	35,27	0,76	-1,21	25,00	0,00
7	41,38	35,54	35,00	42,14	35,54	35,01	41,76	35,27	0,76	0,97	25,00	0,00
8	42,14	35,54	35,01	42,82	35,54	35,05	42,48	35,29	0,68	3,04	25,00	0,00
9	42,82	35,54	35,05	43,50	35,54	35,11	43,16	35,31	0,69	5,00	25,00	0,00
10	43,50	35,54	35,11	44,19	35,54	35,19	43,83	35,34	0,69	6,97	25,00	0,00
11	44,19	35,54	35,19	44,87	35,54	35,30	44,51	35,39	0,69	8,94	25,00	0,00
12	44,87	35,54	35,30	45,41	37,11	35,40	45,21	35,94	0,55	10,72	25,00	0,00
13	45,41	37,11	35,40	46,18	37,19	35,58	45,79	36,32	0,79	12,64	25,00	0,00
14	46,18	37,19	35,58	46,95	37,28	35,78	46,56	36,46	0,80	14,92	25,00	0,00
15	46,95	37,28	35,78	47,73	37,36	36,02	47,33	36,61	0,81	17,22	25,00	0,00
16	47,73	37,36	36,02	48,50	37,44	36,29	48,10	36,78	0,82	19,55	25,00	0,00
17	48,50	37,44	36,29	49,27	37,53	36,60	48,87	36,96	0,83	21,92	25,00	0,00
18	49,27	37,53	36,60	50,04	37,61	36,95	49,63	37,17	0,85	24,32	25,00	0,00
19	50,04	37,61	36,95	50,81	37,69	37,34	50,39	37,39	0,86	26,77	25,00	0,00
20	50,81	37,69	37,34	51,58	37,78	37,78	51,07	37,60	0,88	29,28	25,00	0,00

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d
1	113	0	120	32	0	0	51	0	0
2	319	0	331	89	0	51	179	0	0
3	483	0	492	132	0	179	351	0	0
4	605	0	608	163	0	351	540	0	0
5	688	0	682	183	0	540	726	0	0
6	730	0	715	191	0	726	895	0	0
7	732	0	710	190	0	895	1034	0	0
8	625	0	601	161	0	1034	1130	0	0
9	566	0	541	145	0	1130	1197	0	0
10	478	0	454	122	0	1197	1238	0	0
11	361	0	341	91	0	1238	1256	0	0
12	947	0	893	239	0	1256	1275	0	0
13	2311	0	2175	583	0	1275	1245	0	0
14	2163	0	2034	545	0	1245	1134	0	0
15	1970	0	1854	497	0	1134	956	0	0
16	1729	0	1631	437	0	956	730	0	0
17	1438	0	1362	365	0	730	485	0	0
18	1096	0	1044	280	0	485	252	0	0
19	698	0	671	180	0	252	73	0	0
20	243	0	236	63	0	73	0	0	0

VERIFICA DI STABILITA' IPOTESI DI PROGETTO**Descrizione terreno***Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ²
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ²

Nr.	Descrizione	γ	γ_w	ϕ'	c'	ϕ_u	c_u
1	Substrato roccioso Marne	2300	2300	30.00	0,200	0.00	0,000
2	Suolo vegetale	1800	1900	25.00	0,000	0.00	0,000
4	Limi argillosi e argille limose	1900	2000	28.00	0,000	0.00	0,000
5	Limi argillosi con clasti	1900	2000	30.00	0,000	0.00	0,000

Profilo del piano campagna*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

Nr.	X [m]	Y [m]
1	0,00	22,59
2	5,58	24,72
3	12,39	26,62
4	16,68	28,53
5	21,90	28,97
6	23,08	29,07
7	23,83	30,98
8	26,75	30,98
9	29,30	34,39
10	30,16	35,54
11	44,87	35,54
12	45,41	37,11
13	53,84	38,13
14	64,14	38,13
15	64,15	39,11
16	79,59	40,85
17	93,89	42,96
18	102,40	44,39
19	106,62	45,41
20	115,00	48,83

Descrizione stratigrafia*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n°1 (Substrato roccioso Marne)

Coordinate dei vertici dello strato n°1

N°	X[m]	Y[m]
1	0,00	4,52
2	0,00	0,00

3	115,00	0,00
4	115,00	29,47
5	90,21	26,08
6	73,12	22,95
7	48,13	19,13
8	37,92	13,69

Strato N° 2 costituito da terreno n°2 (Suolo vegetale)

Coordinate dei vertici dello strato n°2

N°	X[m]	Y[m]
1	21,90	28,97
2	16,68	28,53
3	12,39	26,62
4	5,58	24,72
5	0,00	22,59
6	0,00	21,51
7	6,19	23,49
8	11,03	25,19
9	16,81	27,51
10	20,42	28,46

Strato N° 3 costituito da terreno n°2 (Suolo vegetale)

Coordinate dei vertici dello strato n°3

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	47,79
2	115,00	48,83
3	106,62	45,41
4	102,40	44,39
5	93,89	42,96
6	79,59	40,85
7	64,15	39,11
8	64,14	38,13
9	53,84	38,13
10	45,41	37,11
11	44,87	35,54
12	30,16	35,54
13	29,30	34,39
14	42,14	34,79
15	45,61	34,93
16	49,70	36,22
17	63,11	37,99
18	75,37	39,56
19	84,90	41,06
20	95,66	42,69
21	102,74	43,71
22	107,30	44,94

Strato N° 4 costituito da terreno n°4 (Limi argillosi e argil le limose)

Coordinate dei vertici dello strato n°4

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	40,08
2	115,00	47,79
3	107,30	44,94
4	102,74	43,71
5	95,66	42,69
6	84,90	41,06
7	75,37	39,56
8	63,11	37,99
9	49,70	36,22

10	45,61	34,93
11	42,14	34,79
12	29,30	34,39
13	26,75	30,98
14	23,83	30,98
15	23,08	29,07
16	21,90	28,97
17	20,42	28,46
18	16,81	27,51
19	11,03	25,19
20	6,19	23,49
21	0,00	21,51
22	0,00	16,17
23	34,31	26,69
24	38,67	27,92
25	51,47	29,35
26	76,59	34,11
27	96,00	37,04

Strato N° 5 costituito da terreno n°5 (Limi argillosi con cla sti)

Coordinate dei vertici dello strato n°5

N°	X[m]	Y[m]
1	115,00	29,47
2	115,00	40,08
3	96,00	37,04
4	76,59	34,11
5	51,47	29,35
6	38,67	27,92
7	34,31	26,69
8	0,00	16,17
9	0,00	4,52
10	37,92	13,69
11	48,13	19,13
12	73,12	22,95
13	90,21	26,08

Descrizione falda

Livello di falda

Nr.	X[m]	Y[m]
1	-0,07	16,07
2	37,99	24,99
3	72,10	27,71
4	115,13	33,43

Carichi sul profilo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Carichi distribuiti

X_i, X_f Ascissa iniziale e finale del carico espressa in [m]

Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

CARICHI DISTRIBUITI

N°	Descrizione	X _i	X _f	Vy _i	Vy _f	Vx _i	Vx _f
1		54,00	64,00	6000	6000	0	0

Risultati analisi

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo :
Metodo di JANBU (J)

Impostazioni analisi

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti di partecipazione caso statico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione caso sismico

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1,00	1,00

Sisma

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.451 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.49
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_s)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 5.28$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 2.64$

Coefficiente di sicurezza richiesto 1.10

Le superfici sono state analizzate per i casi: [PC] [A2M2]

Sisma verticale: verso il basso - verso l'alto

Analisi condotta in termini di tensioni efficaci

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Impostazioni delle superfici di rottura

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m]:	$X_0 = 31,42$	$Y_0 = 43,00$
Passo maglia [m]:	$dX = 2,00$	$dY = 2,00$
Numero passi :	$N_x = 20$	$N_y = 20$
Raggio [m]:	$R = 20,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=0,50$ [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1,00 m
- freccia inferiore a 0,50 m
- volume inferiore a 2,00 mc

Numero di superfici analizzate	15560
Coefficiente di sicurezza minimo	1.149
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	15560	1.149	1	15.485	15560

Caratteristiche delle superfici analizzate*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v, y_v ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m, y_m ascissa e ordinata del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [cmq]

C_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

N°	C _x	C _y	R	x _v	y _v	x _m	y _m	V	C _s	caso
1	43,42	63,00	27,50	41,94	35,54	55,16	38,13	11,77	1.149 (J)	[A2M2]
2	43,42	63,00	27,50	41,94	35,54	55,16	38,13	11,77	1.160 (J)	[A2M2]
3	43,42	65,00	29,50	41,88	35,54	55,60	38,13	12,54	1.164 (J)	[A2M2]
4	43,42	65,00	29,50	41,88	35,54	55,60	38,13	12,54	1.175 (J)	[A2M2]
5	45,42	57,00	21,50	44,11	35,54	55,72	38,13	14,47	1.179 (J)	[A2M2]

Analisi della superficie critica*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso (positivo antiorario)

ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
L	sviluppo della base della striscia espressa in m ($L=b/\cos\alpha$)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kg/cmq
W	peso della striscia espresso in kg
Q	carico applicato sulla striscia espresso in kg
N	sforzo normale alla base della striscia espresso in kg
T	sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg
U	pressione neutra alla base della striscia espressa in kg
E_s, E_d	forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
X_s, X_d	forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg
ID	Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	19	
Coordinate del centro	$X[m]= 43,42$	$Y[m]= 63,00$
Raggio del cerchio	$R[m]= 27,50$	
Intersezione a valle con il profilo topografico	$X_v[m]= 41,94$	$Y_v[m]= 35,54$
Intersezione a monte con il profilo topografico	$X_m[m]= 55,16$	$Y_m[m]= 38,13$
Coefficiente di sicurezza	$C_s= 1.149$	

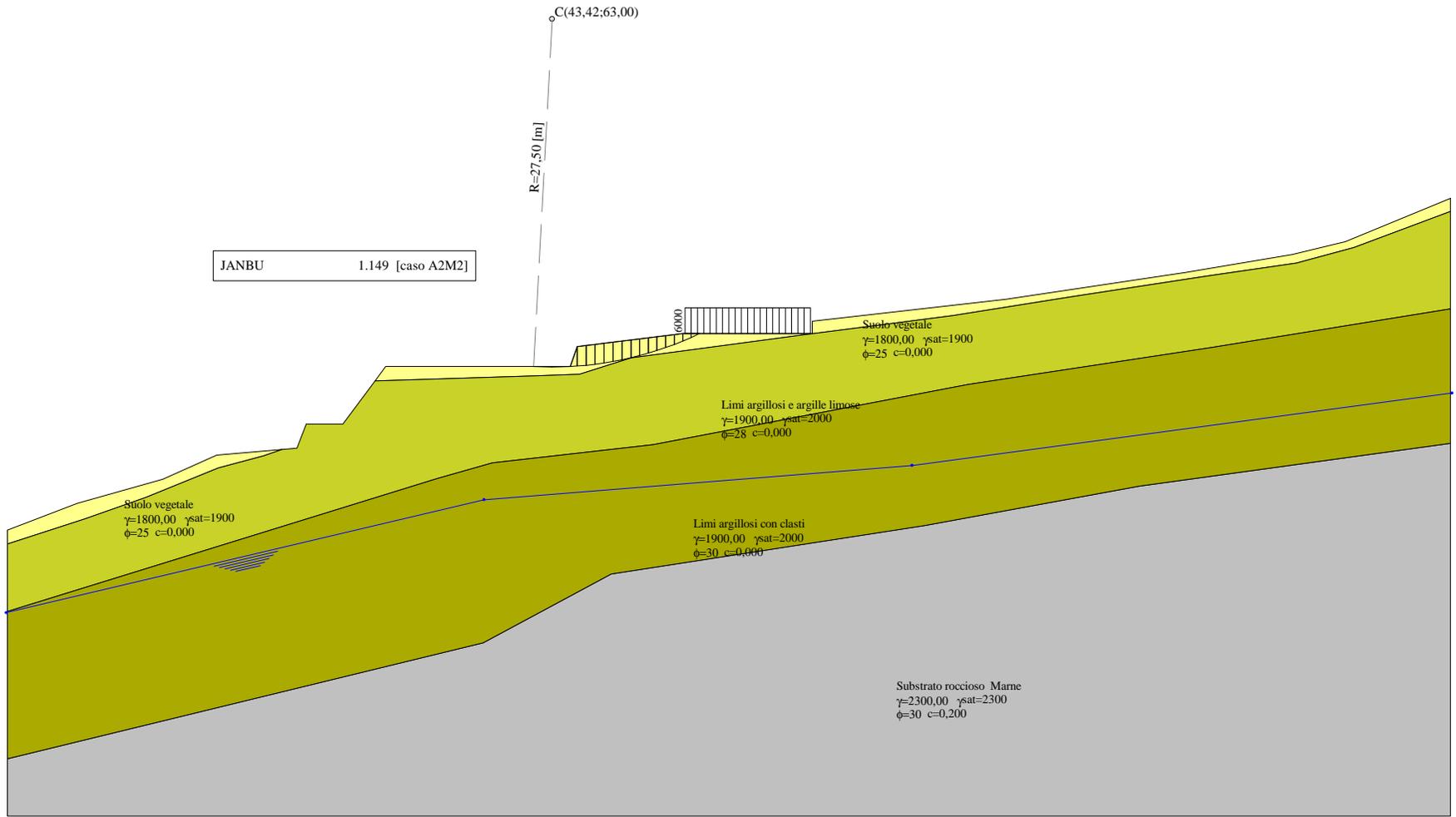
Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s	Y_{ss}	Y_{si}	X_d	Y_{ds}	Y_{di}	X_g	Y_g	L	α	ϕ	c
1	41,94	35,54	35,54	42,67	35,54	35,51	42,43	35,53	0,73	-2,33	20.46	0,00
2	42,67	35,54	35,51	43,40	35,54	35,50	43,05	35,52	0,73	-0,80	20.46	0,00
3	43,40	35,54	35,50	44,14	35,54	35,51	43,75	35,52	0,73	0,73	20.46	0,00
4	44,14	35,54	35,51	44,87	35,54	35,54	44,39	35,53	0,73	2,26	20.46	0,00
5	44,87	35,54	35,54	45,41	37,11	35,57	45,23	36,07	0,54	3,59	20.46	0,00
6	45,41	37,11	35,57	46,13	37,20	35,63	45,77	36,38	0,72	4,90	20.46	0,00
7	46,13	37,20	35,63	46,84	37,28	35,71	46,48	36,46	0,72	6,39	20.46	0,00
8	46,84	37,28	35,71	47,55	37,37	35,81	47,20	36,54	0,72	7,90	20.46	0,00
9	47,55	37,37	35,81	48,27	37,46	35,93	47,91	36,64	0,72	9,40	20.46	0,00
10	48,27	37,46	35,93	48,98	37,54	36,07	48,63	36,75	0,73	10,92	20.46	0,00
11	48,98	37,54	36,07	49,70	37,63	36,23	49,34	36,87	0,73	12,44	20.46	0,00
12	49,70	37,63	36,23	50,39	37,71	36,40	50,04	36,99	0,71	13,94	20.46	0,00
13	50,39	37,71	36,40	51,08	37,80	36,59	50,73	37,12	0,72	15,43	20.46	0,00
14	51,08	37,80	36,59	51,77	37,88	36,80	51,42	37,26	0,72	16,92	20.46	0,00
15	51,77	37,88	36,80	52,46	37,96	37,03	52,11	37,42	0,73	18,43	20.46	0,00
16	52,46	37,96	37,03	53,15	38,05	37,28	52,79	37,58	0,73	19,96	20.46	0,00
17	53,15	38,05	37,28	53,84	38,13	37,55	53,48	37,75	0,74	21,49	20.46	0,00
18	53,84	38,13	37,55	54,50	38,13	37,83	54,13	37,90	0,71	23,01	20.46	0,00
19	54,50	38,13	37,83	55,16	38,13	38,13	54,72	38,03	0,72	24,51	20.46	0,00

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W	Q	N	T	U	E_s	E_d	X_s	X_d
1	20	0	19	6	0	0	6	0	0
2	46	0	45	15	0	6	19	0	0
3	47	0	45	15	0	19	30	0	0
4	21	0	21	7	0	30	35	0	0
5	748	0	715	232	0	35	183	0	0
6	1996	0	1897	616	0	183	529	0	0
7	2016	0	1906	619	0	529	825	0	0
8	2012	0	1892	614	0	825	1067	0	0
9	1983	0	1857	603	0	1067	1254	0	0
10	1930	0	1801	584	0	1254	1385	0	0
11	1851	0	1722	559	0	1385	1462	0	0
12	1687	0	1566	508	0	1462	1489	0	0
13	1566	0	1452	471	0	1489	1474	0	0

14	1421	0	1317	427	0	1474	1424	0	0
15	1252	0	1159	376	0	1424	1349	0	0
16	1057	0	980	318	0	1349	1257	0	0
17	837	0	776	252	0	1257	1163	0	0
18	521	2988	3262	1059	0	1163	677	0	0
19	178	3948	3845	1248	0	677	0	0	0



VERIFICA DI STABILITA' IPOTESI DI PROGETTO scala 1:500

	5,58	6,81	4,29	5,22	1,14	2,92	2,55	0,86	14,71	0,54	8,43	10,30	0,01	15,44	14,30	8,51	4,22	8,38
0,00	5,58	12,39	16,68	21,90	23,04	26,75	29,30	30,16	44,81	45,35	53,84	64,14	64,15	79,59	93,89	102,40	106,62	115,00
22,59	24,72	26,62	28,53	28,97	29,07	30,98	34,39	35,64	35,51	38,13	38,13	40,85	42,96	44,39	45,41	48,83		
(16,09)	(17,39)	(18,99)	(20,00)	(20,00)	(20,00)	(21,67)	(22,36)	(23,66)	(23,58)	(26,25)	(27,08)	(28,71)	(30,61)	(31,74)	(32,30)	(33,41)		