

COMUNE DI PONSACCO

(Pisa)

PIANO ATTUATIVO CON CONTESTUALE VARIANTE AL R.U. LOCALITA' VAL DI CAVA

Relazione di fattibilità geologica

(L.R. 21 Maggio 2012, n. 21 – N.T.A. DEL. C.I. 185/04 - D.P.G.R. 53/R)

COMMITTENZA: GRUPPO IMM. VALDERA

PROGETTISTA: Dott. Arch. CLAUDIO SALVADORI

GEOLOGO : Dott. PAOLO GIANI

AGOSTO 2015

PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologica supporta il Piano Attuativo con contestuale variante al R.U. per ampliamento del comparto, già ricadente in zona TIPOLOGICA “F” – SOTTOZONA C, posto in località Val di Cava, in adiacenza alla SS439 Sarzanese-Valdera .

In questa sede si valutano le condizioni di fattibilità dell' intervento alla luce dei criteri di definizione del grado di rischio geomorfologico, idraulico e sismico locale stimato sulla base di eventuali dati esistenti e/o sull' incrocio delle informazioni disponibili con i criteri definiti dalla nuova disciplina (D.P.G.R. n. 53/R del 25/10/2011), essendo le cartografie del Piano Strutturale comunale non più rispondenti ai criteri di zonazione vigenti (D.P.G.R. n. 26/R).

Per definire la fattibilità del Piano attuativo ne è stata inoltre verificata la compatibilità rispetto alle salvaguardie ed ai vincoli sovraordinati alla disciplina del P.R.G., introdotti dalle normative nazionali e regionali sul rischio idraulico (N.T.A. Del. 185/2004 dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno e L.R. 21 Maggio 2012, n. 21).

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica dei terreni si fa riferimento a tre prove penetrometriche statiche effettuate entro l'area originariamente soggetta a Piano attuativo a supporto della perizia di fattibilità geologica (Dicembre 2003) integrate nella fase di progettazione esecutiva con due prove statiche effettuate con penetrometro Pagani TG63-100 EML.C, con una prova penetrometrica dinamica con strumento Penny 30 e con un sondaggio spinto a 32m dal p.c. locale, trattandosi di un intervento ricadente in classe di indagine 4 (>6000mc). nel corso della perforazione sono stati prelevati due campioni di terreno su cui sono state effettuate analisi da parte di laboratorio “certificato”; anche la classificazione del suolo di fondazione per la definizione dell'azione sismica di progetto era stata definita a partire da un'indagine sismica in foro (DOWN HOLE), in accordo con le disposizioni contenute nel D.P.G.R. n. 36/R.

Si rimanda invece alla fase esecutiva l'esecuzione di una campagna geognostica di dettaglio conforme a quanto previsto dal D.P.G.R. 36/R, per gli edifici posti al di fuori

dell'area di indagine già effettuata.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, in questa sede sono stati effettuati approfondimenti della locale situazione in prospettiva di microzonazione sismica di I livello. E' stata pertanto effettuata una rilevazione in sismica passiva (microtremore sismico ambientale) su una postazione e si è tenuto conto di una linea MASW e di un'indagine sismica DOWN – HOLE effettuate nell'area sottoposta a piano attuativo.

1. GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DEL SITO

Il comparto in oggetto confina con terreni agricoli a sud, con aree in parte edificate e in parte agricole a nord con una nuova zona di recente espansione residenziale ad ovest e con la SS439 Sarzanese-Valdera ad est.

Morfologicamente il terreno in oggetto è posizionato nella parte sommitale di un blando rilievo collinare, assialmente disposto in direzione NNE - SSO, che bordeggia un'ansa del fiume Era e si raccorda dolcemente ad est, ad ovest ed a nord con la pianura alluvionale di Pontedera.

Il sito presenta le quote maggiori (intorno ai +21,50÷+22 m s.l.m.) al piede del rilevato della SS439 Sarzanese-Valdera, che nel tratto costeggiante il comparto in esame transita ad una quota media di circa +23 m s.l.m.. L'assetto morfologico originario dell'area a valle della strada vedeva una modesta pendenza verso Ovest dei terreni, che portava l'altimetria ad abbassarsi fino a quote comprese tra +19,50 e +20,0 m s.l.m. in corrispondenza del confine occidentale. Il dislivello massimo valutabile tra il piede del rilevato stradale ed il confine ovest dell'area di intervento si aggirava quindi sui due metri ma non era costante poichè i campi denotavano una componente di pendenza contrapposta verso un capofosso che attraversava l'area edificabile C3 in direzione est-ovest nella parte centrale.

L'assetto morfologico sopra descritto è stato completamente obliterato da un marcato intervento antropico recente, consistito essenzialmente in un ampio sbancamento nella porzione centrale del lotto e la conseguente sistemazione del terreno di risulta nelle aree

adiacenti, oltre che nella realizzazione di una strada bianca di penetrazione. La planimetria in scala 1:2000 allegata mostra lo schema di deflusso delle acque superficiali nella situazione antecedente l'edificazione nell'adiacente comparto C3 e le recenti modifiche morfologiche di cui sopra; in esso si nota che le fossette divisorie, dirette est-ovest, tagliavano l'appezzamento lungo direzioni a pendenza inferiore a quella del suolo. Le fosse convergevano a spina di pesce in due capofossi passanti rispettivamente nella fascia centrale e lungo il confine sud della zona "F". Il primo capofosso si immetteva nel secondo circa 50 metri ad ovest del confine con la lottizzazione in zona C3 proseguendo poi in direzione NordOvest e piegando successivamente verso Sud-Ovest per andare a confluire nel Rio Malsatto. Dal punto di vista geologico l'area di intervento si pone al contatto tra la formazione delle Sabbie e Limi di Vicarello ed i sedimenti alluvionali olocenici. I primi sono sedimenti misti eolico palustri di duna, retroduna e di piana di esondazione fluviale datati al Pleistocene Superiore, i quali affiorano estesamente al bordo meridionale della pianura di Pisa. I depositi limo sabbiosi risultano incisi dai corsi d'acqua che scendono dalle colline pisane e sovralluvionati durante la risalita olocenica del livello del mare.

Questa formazione sormonta i conglomerati dell'Arno e del Serchio alimentati dal monte Pisano e dalla Garfagnana verso il bacino dell'Arno e la depressione di Bientina. Le stratigrafie di numerosi pozzi realizzati nella zona confermano che il tetto dei conglomerati si attesta pressochè stabilmente dai 40 ai 60 metri di profondità nel sottosuolo della porzione di pianura alluvionale compresa tra Cascina e Pontedera. I sedimenti alluvionali olocenici sono invece di prevalente composizione silico-clastica e caratterizzati dall'alternanza di limi sabbiosi sciolti o poco addensati ed argille limose di media plasticità e consistenza. In generale in questi sedimenti prevalgono le sabbie nelle zone adiacenti ai corsi d'acqua attuale (e a quelli antichi), sabbie accumulate durante le esondazioni del passato; nelle zone più lontane dai fiumi, invece, che sono rimaste leggermente depresse e quindi soggette ad impaludamenti, sono più diffuse le argille e le torbe dato che le esondazioni vi trasportavano solo i materiali più fini. I suoli superficiali, nelle zone dove prevalgono sedimenti sabbioso-limosi e limo-sabbiosi garantiscono un apprezzabile drenaggio verticale. Nei siti dove invece prevalgono sedimenti fini limo-argillosi l'infiltrazione verticale risulta difficoltosa per cui la circolazione delle acque

piovane si concentra nel primo metro provocando nei periodi molto umidi saturazioni e ristagni temporanei.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO

Le prove penetrometriche statiche effettuate, unitamente alle informazioni geologiche desunte dalle osservazioni sui luoghi, hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo di intervento, differenziandolo nei livelli a diverso grado di addensamento. Sulla base delle correlazioni empiriche e semiempiriche proposte dalla letteratura specializzata ed in ragione della diversa resistenza geomeccanica dei terreni rilevati, si sono quindi attribuiti i parametri geotecnici ai vari litotipi differenziati nel sottosuolo dell'area sottoposta ad indagine.

L'interpretazione sotto riportata risente della naturale approssimazione caratteristica delle prove indirette, per cui la definizione litologica, derivando da correlazioni empiriche, può talvolta non rispondere alla realtà; i dati indiretti sono stati "tarati" e correlati con la stratigrafia dedotta da un sondaggio geognostico a carotaggio continuo effettuato grossomodo al margine nord del lotto edificabile in oggetto.

Il sondaggio geognostico effettuato ha consentito di affinare il modello litostratigrafico del sottosuolo confermando una situazione litostratigrafica piuttosto complessa con variazioni frequenti di litologie sia in senso orizzontale che verticale, per cui non è possibile individuare una sequenza stratigrafica univoca, come evidenziano peraltro le numerose prove penetrometriche e sondaggi effettuati nei terreni limitrofi all'area di intervento.

Nelle sezioni litostratigrafiche ricostruite lungo i profili nord-sud ed est-ovest dell'area in oggetto, è rappresentata la stratigrafia del sottosuolo fino a 10 metri dal p.c. attuale. La campagna geognostica del Luglio 2010 ha consentito di affinare le conoscenze sulla

successione litologica dell'area di intervento già abbastanza ben delineata alla luce delle prove effettuate a supporto del Piano di Lottizzazione (Dicembre 2003). I saggi CPT4 e DPL1, hanno mostrato la presenza, al di sotto di un terreno di riporto di spessore variabile, di un livello di limi argillosi di bassa consistenza (depositi alluvionali) riconoscibile nei livelli subsuperficiali anche nei siti CPT1 e CPT3 (v. sez. all.). Il saggio Cpt5, effettuato invece in corrispondenza dell'affioramento delle "Sabbie e limi di Vicarello" ha mostrato la presenza di terreni di buone caratteristiche geotecniche già a modesta profondità dal piano campagna locale. Gli orizzonti geotecnici, proprio perché al passaggio tra due formazioni geologiche di diversa origine, manifestano frequenti eteropie laterali di facies per cui non è possibile individuare una sequenza stratigrafica univoca; mediamente i terreni che si individuano in profondità sono i seguenti:

• *p.c. originario - 0,80 m*

Suolo pedologico (LITOTIPO A)

• *0,80 – 1,20 m(CPT1) ÷ 1,60(CPT)3 ÷ 1,80(CPT4)*

Terreni misti prevalentemente limoso-argillosi di bassa consistenza (LITOTIPO B)

Trattasi di terreno prevalentemente coesivo per il quale si possono stimare i seguenti parametri fisico-meccanici:

- Resistenza statica alla punta	$7 < Q_c < 15 \text{ kg/cm}^2$
- Coesione non drenata media	$C_u = 0,30 - 0,60 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume	$\gamma = 1.80 \text{ kg/dm}^3$
- Angolo di attrito interno	$\varphi = 0^\circ$ (cautelativo)

• *1,20 ÷ 1,80 - 10,00 m*

Argilla e argilla sabbiosa (LITOTIPO C) con lenti di sabbia limosa di buona consistenza (LITOTIPO D) e di limi argillosi sottoconsolidati e/o materiale organico (LITOTIPO E).

Per i terreni prevalentemente argillosi si possono stimare i seguenti parametri geotecnici:

- Resistenza alla punta $Q_c > 15 \text{ kg/cmq}$
- Coesione non drenata $C_u > 0,65 \text{ kg/cmq}$
- Peso di volume naturale $\gamma = 1.90 \text{ kg/dmc}$
- Angolo di attrito interno $\varphi = 0^\circ$

I **livelli sabbioso-limosi** si incontrano nel sito CPT1 da 3,6 a 4,8mt e da 5,8 a 7,4mt dal p.c. locale mentre nel sito CPT2 si individua una lente sabbioso limosa da 5,6 a 7,0mt; nel sito CPT4 sono presenti tra 5,2mt e 6,4mt dal piano di prova ed in sottili straterelli più in profondità mentre nel sito CPT5 costituiscono un orizzonte pressoché continuo fino a 5mt di profondità; per questi terreni si stimano i seguenti parametri geotecnici medi:

- Resistenza alla punta $Q_c > 20 \text{ kg/cmq}$
- Coesione non drenata $C_u = 0,1 \div 0,2 \text{ kg/cmq}$
- Peso di volume naturale $\gamma = 1.60 \text{ kg/dmc}$
- Angolo di attrito interno $\varphi = 32^\circ$ (cautelativo)

Terreni con scadenti proprietà geomeccaniche si incontrano invece da 5,6 a 8,4mt nel sito CPT3. In relazione ai parametri meccanico-fisici di questo litotipo possono essere derivati i seguenti valori:

- Resistenza alla punta $3 < Q_c < 6 \text{ kg/cmq}$
- Coesione non drenata $C_u = 0,13 \div 0,17 \text{ kg/cmq}$
- Peso di volume naturale $\gamma = 1.47 \text{ kg/dmc}$
- Angolo di attrito interno $\varphi = 0^\circ$

In occasione della prima campagna geognostica (Dicembre 2003) sono stati misurati nei fori di ispezione livelli d'acqua stabilizzati a profondità comprese tra 2,40 (sito CPT2) e 3,20 (siti CPT1 e CPT3) metri dal p.c. locale. Nell'agosto 2010 entro i piezometri posti nei fori dei saggi CPT4 e CPT5 sono stati rilevati livelli d'acqua alla profondità rispettivamente di 1,4mt e 2,0mt dal p.c. locale; circolazione di acqua che ha trovato riscontro anche nel sito DPL1, dove il livello si era stabilizzato alla profondità di 1,8mt dal p.c. locale. Nel corso della perforazione a carotaggio continuo (S1) sono stati prelevati n. 2 campioni indisturbati alle

profondità di 1,0m e 2,5m dal p.c. sui quali sono state fatte le seguenti determinazioni di laboratorio certificato:

- Peso di volume
- Umidità naturale
- Densità secca
- Prova di taglio diretto CD (solo sul campione S1C2)
- Prove di compressione ELL

La stratigrafia ricostruita con il sondaggio è la seguente:

0-0,4 RIPORTO
0,4-1,0 LIMI ARGILLOSI DEBOLMENTE SABBIOSI
1,0-1,5 CAMPIONE
1,5-2,0 LIMI ARGILLOSI DEBOLMENTE SABBIOSI
2,0-2,5 ARGILLE SABBIOSE
2,5-3,0 CAMPIONE
3,0-5,0 ARGILLE SABBIOSE
5,0-6,0 ARGILLA
6,0-6,8 SABBIA LIMOSA
6,8-7,5 ARGILLA
7,5-9,2 SABBIA LIMOSA
9,2-10 ARGILLA

In particolare la prova di taglio CD permette l'interpretazione dei seguenti parametri:

campione C2 (2,50-3,00mt) $\varphi' = 28,2^\circ$

$C' = 7\text{KPa}$

Peso di volume (KN/mc) = 20,75

La prova di compressione semplice ELL sul campione C1, ha dato i seguenti risultati

Pressione a rottura (KPa): 562,47 (Provino n. 1)

Pressione a rottura (KPa): 493,11 (Provino n. 2)

La prova di compressione semplice ELL sul campione C2 ha dato invece i seguenti risultati

Pressione a rottura (KPa): 280,09 (Provino n. 1)

3.POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente. Per tali motivazioni, soltanto i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati risultano soggetti a tale tipo di rischio. Nel caso esaminato in questa sede l'esistenza di depositi con percentuale di limo superiore a 20%, come evidenziato dall'analisi della stratigrafia ricavata nel corso della perforazione del sondaggio S1, induce a ritenere che la potenzialità di liquefazione sia del tutto assente per l'area di intervento.

4.INQUADRAMENTO URBANISTICO: NORMATIVE SOVRAORDINATE AL P.R.G.

4.1 Piano di bacino del fiume Arno: ammissibilità della richiesta ai sensi delle N.T.A. Del. C.I. n° 185/2004

Nella cartografia adottata con Del. C.I. n° 185/2004 dall'Autorità di Bacino del fiume Arno (ed approvata con D.P.C.M. del 06/05/2005) risulta che il sito in oggetto è escluso dalle zone P.F.3, P.F.4, P.I.3 e P.I.4 a rischio geomorfologico ed idraulico elevato e molto elevato. L'area di intervento risulta ad oggi perimetrata in parte entro la zona P.I.2 soggetta a rischio idraulico medio (vedi Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica scala 1:10000 all.) ovvero soggetta ad inondazioni per eventi con tempo di ritorno $30 < TR \leq 200$ anni ed in parte nelle zone a P.I. 1 (moderata) ovvero soggette ad inondazioni per eventi con tempo di ritorno $200 < TR \leq 500$ anni nella quale gli interventi consentiti dalle norme del P.R.G. vigente NON sono soggetti a vincoli o salvaguardie da parte dell'Autorità di Bacino del fiume Arno.

4.2 L.R. 21 Maggio 2012, n. 21

In relazione alle misure di salvaguardia adottate dalla Regione Toscana in materia di rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua (L.R. 21 Maggio 2012, n. 21) si rileva che l'area in esame è esterna alle fasce della larghezza di 10 metri dai cigli di sponda o dal piede esterno degli argini dei corsi d'acqua censiti nel comune di Ponsacco, per cui non è soggetta al vincolo di inedificabilità di cui all' art. 1.

5. CLASSI DI PERICOLOSITA'

5.1 D.P.G.R. n. 26/R

L'area di intervento risulta classificata come segue nella cartografia di supporto al P.S. redatta ai sensi del D.P.G.R. n. 26/R (cfr. Stralci cartografie scala 1:10000 all.):

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (CLASSE G2 – PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA)

Ricadono in questa classe “.....aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto”

PERICOLOSITA' IDRAULICA (CLASSI I2 e I3 – PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA-ELEVATA)

CLASSE I2: Ricadono in questa classe “Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200 e 500 anni”.

CLASSE I3: Ricadono in questa classe “Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30 e 200 anni”.

PERICOLOSITA' SISMICA (CLASSE S3 – PERICOLOSITA' SISMICA ELEVATA)

Facendo riferimento alla legenda contenuta nell' allegato 1 al D.P.G.R. n. 26/R il comparto in oggetto viene in parte assimilato alle zone di raccordo con il versante (cfr. classe 8 della legenda, dove sono possibili fenomeni di amplificazione sismica dovuti a morfologie sepolte) in parte incluso nelle aree con depositi alluvionali granulari e/o sciolti (classe 9) ed in parte

nelle zone con coperture colluviali (classe 10) dove è possibile un'amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura. Dalle valutazioni sopra espresse viene pertanto attribuita all'area in oggetto la classe di pericolosità sismica elevata S3 (cfr. Carta della Pericolosità sismica locale scala 1:10.000 all.).

6.2D.P.G.R. n. 53/R

Seguendo le direttive del D.P.G.R. n. 53/R, anche alla luce delle indagini geognostiche e sismiche condotte in loco, l'area in esame può venir classificata come segue:

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

(CLASSE G1 – PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA)

Ricadono in questa classe “.....aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi”

PERICOLOSITA' IDRAULICA

(CLASSI I2 e I3 – PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA -ELEVATA)

CLASSE I2: *Ricadono in questa classe “Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200 e 500 anni”.*

CLASSE I3: *Ricadono in questa classe “Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 30 e 200 anni”.*

➤ *PERICOLOSITA' SISMICA (CLASSE S2 – PERICOLOSITA' SISMICA MEDIA)*

Per valutare la pericolosità sismica locale ai sensi del DPGR 53/R (punto C.5 allegato A) si sono considerate:

- le caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche dell'area;
- le caratteristiche litostratigrafiche rilevate mediante la campagna geognostica effettuata nell'area in esame;
- le risultanze delle specifiche indagini geo-sismiche, effettuate in prospettiva di una MS di I livello, le quali hanno consentito di rilevare un profilo delle Vs da cui si evince una categoria

“C” di suolo di fondazione (vedi indagine Masw all.) e di individuare (indagine in sismica passiva), l'esistenza di frequenze di risonanza associabili a contatti tra litotipi a caratteristiche di velocità sismica (e quindi fisico-meccaniche) significativamente differenti.

Lo studio di approfondimento del locale assetto geo-sismico è allegato alla presente relazione. Le risultanze dello stesso hanno consentito di rilevare che non esiste una suscettibilità di amplificazione locale in quanto non si rileva la presenza di significativi contrasti di impedenza sismica al di sotto della copertura alluvionale. Per questo è stata definita una **Pericolosità sismica locale media (S.2)**: *ricadono in questa classe "...zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)*

7.FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO EDILIZIO

Di seguito si rivalutano pertanto le condizioni di fattibilità specifiche per l'area in esame alla luce della destinazione d'uso e dei criteri di definizione del grado di rischio geomorfologico, idraulico e sismico locale stimato sulla base dei criteri definiti dalla nuova disciplina (D.P.G.R. n. 53/R).

- La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici è F2.

In fase esecutiva, dal punto di vista geologico-geotecnico, sarà necessario basare la progettazione su dati geognostici che consentano la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, considerando i disposti del D.M. 4/01/08 e del D.P.G.R. 9 luglio 2009 n. 36/R (“Regolamento di attuazione dell'art.117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n.1 -Norme per il governo del territorio”) in particolare per gli edifici in progetto al di fuori dell'area di indagine già effettuata.

Non sussistono invece condizioni di fattibilità legate direttamente all'assetto geomorfologico dell'area.

- La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici è F3.

Per quanto riguarda le condizioni di fattibilità idraulica, le opere in progetto dovranno essere realizzate in condizioni di sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno duecentennale senza aggravio per le aree adiacenti. La cartografia dei battenti per l'evento duecentennale (riportata in allegato) elaborata dall'Ing. Nicola Croce a supporto del P.S. del Comune di Ponsacco, non prevede alcun battente statico entro l'area di intervento (né è identificabile dall'Autorità di Bacino del fiume Arno, per la quale la perimetrazione della P.I. del PAI della zona in oggetto deriva da una sintesi dei risultati di studi idrologici-idraulici con informazioni di carattere storico-inventariale). Per definire il battente riferito all'evento duecentennale massimo atteso, non disponibile per l'area in esame (trattandosi di un "transito" e non di un evento che determina un battente statico) è possibile procedere sovrapponendo sulla cartografia C.T.R. in scala 1:2000 il limite del passaggio tra le aree a pericolosità idraulica media e moderata della cartografia P.A.I. in scala 1:10000, limite cui corrisponde il passaggio tra le aree, inondate e non, dall'evento con $T_r=200$ anni; tuttavia è possibile ragionare anche in termini "relativi", ovvero prendendo in considerazione il rilievo effettuato anche per definire le quote dei saggi geognostici effettuati in precedenza e riportato in allegato (vedi planimetria scala 1:400). Da rilievo strumentale di dettaglio risulta che la viabilità pubblica corrente lungo il confine ovest della lottizzazione (dove è posto lo zero di riferimento del rilievo, vedi planimetria in scala 1:400 allegata) sia mediamente livellata ad almeno +60cm rispetto alle quote (immodificate) rilevate entro l'area a P.I. 1 ai sensi del P.A.I. ovvero a P.I. 2 ai sensi del D.P.G.R. 26/R (non soggetta ad allagamenti per eventi con tempo di ritorno duecentennale); le nuove previsioni saranno pertanto realizzate in condizioni di sicurezza idraulica dato che il progettista prevederà un livellamento del piano terra a quote superiori rispetto alla suddetta viabilità pubblica.

Occorre in questa sede altresì sottolineare come detta strada, e più in generale l'area ad ovest di recente espansione, alla luce del rilievo quotato, frapponendosi tra il Fiume Era e l'area in esame, funziona verosimilmente da "manufatto di ritenzione" rispetto all'evento

esondativo $T_r=200$ anni. Quindi, anche alla luce di quanto sopra evidenziato e dato che l'area in esame può essere configurata (nella peggiore delle ipotesi) come "area di transito" dell'evento con $T_r=200$ anni, si ritiene che l'intervento edilizio in oggetto non comporti alcun aggravio per le aree adiacenti.

- La fattibilità in relazione agli aspetti sismici è F2,

Ciò in accordo con il grado di pericolosità sismica locale evidenziato. Questo, in base al punto 3.5 dell' allegato A al regolamento 53/R (criteri generali in relazione agli aspetti sismici), comporta quanto segue: "nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale media (S2), non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifica per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativi all'attività edilizia".

Alla luce di quanto sopra evidenziato si conclude che il Piano Attuativo è fattibile dal punto di vista geologico.

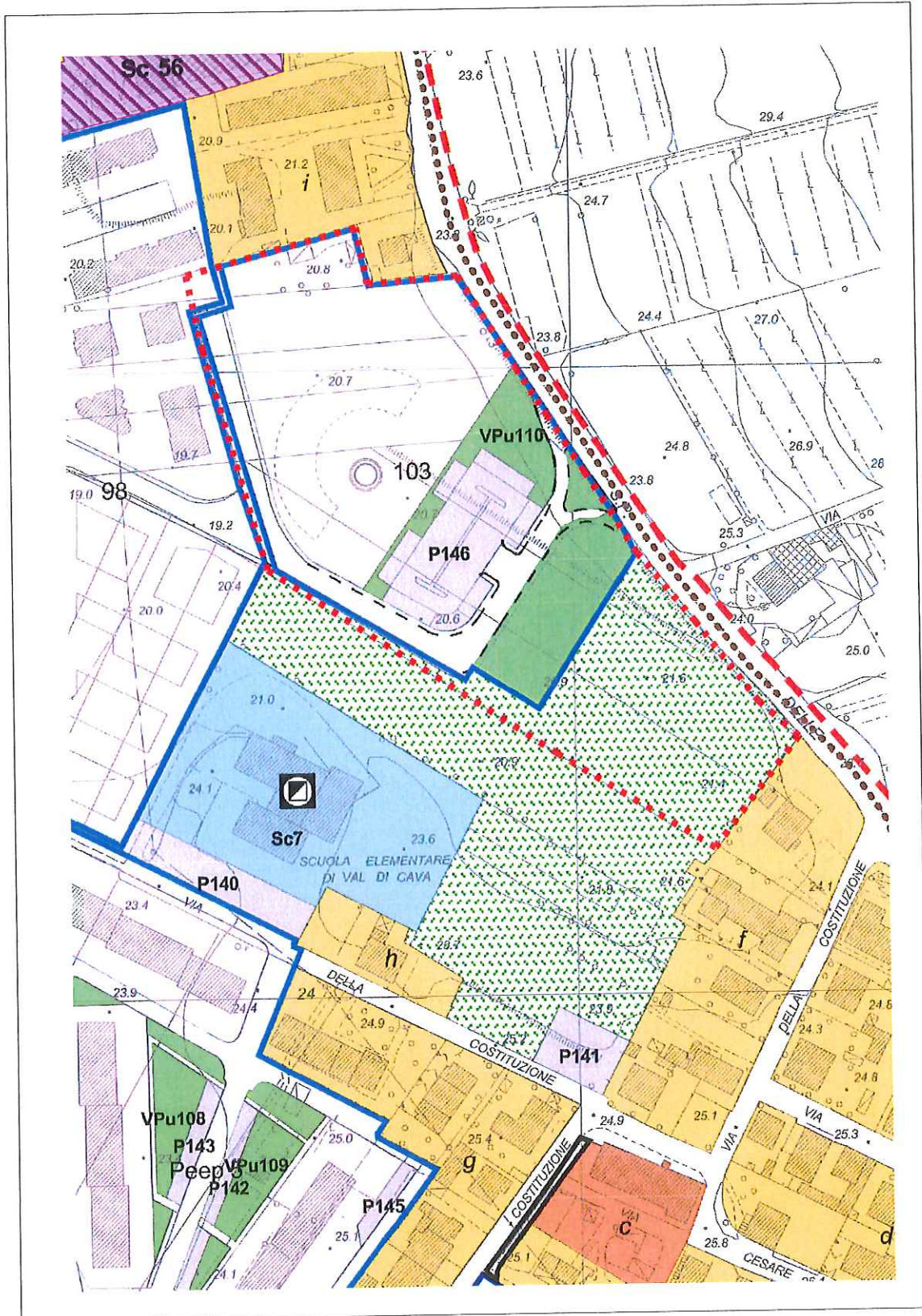
Castel del Bosco, 3/08/2015

Il Geologo

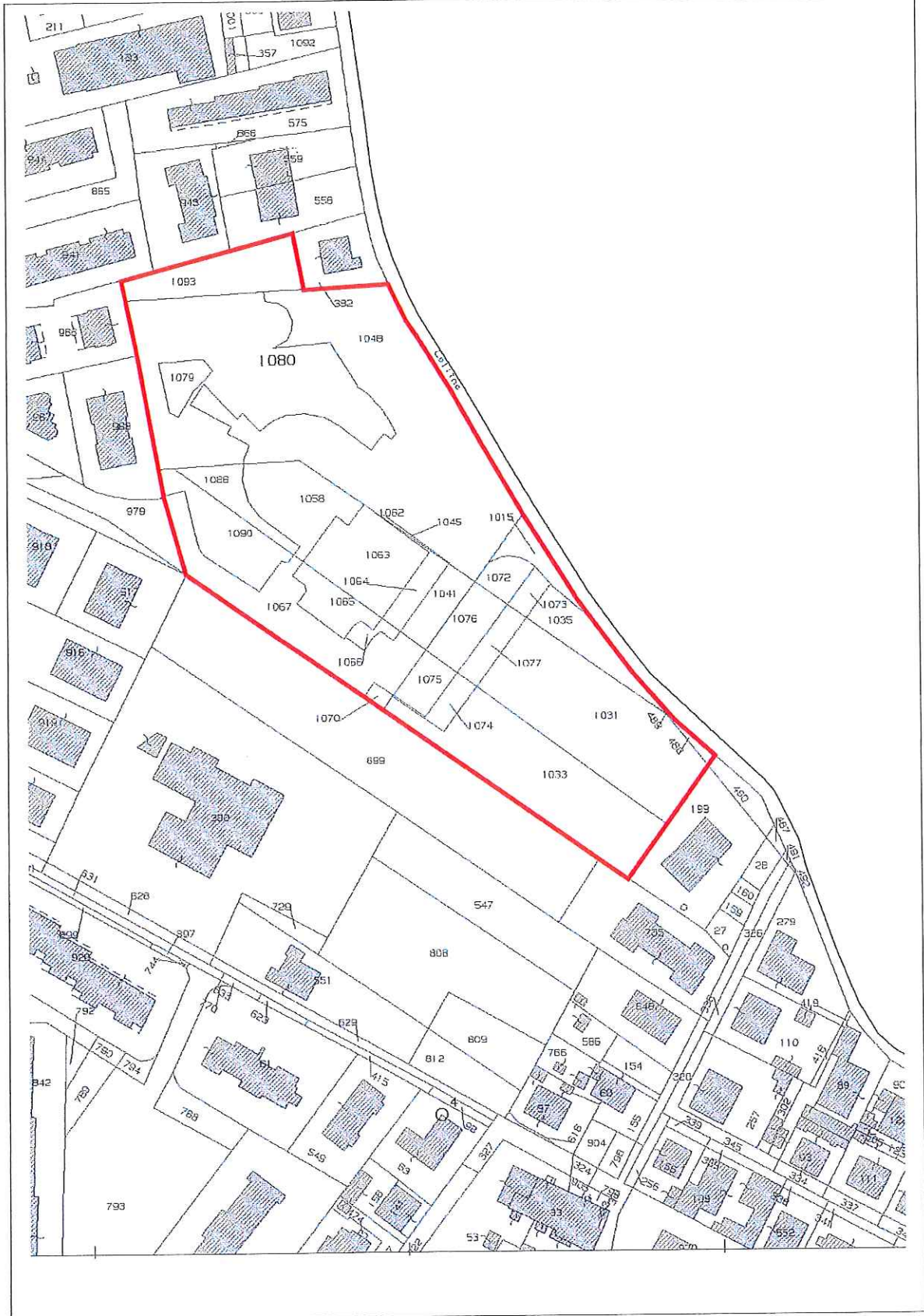
APPENDICI

- Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica (tratta da PAI - Bacino del fiume Arno) scala 1:10000
- Planimetria generale scala 1:2000 con inquadramento C.T.R. scala 1:10000
- Carta Geologica scala 1:10.000
- Carta Litotecnica scala 1:10.000
- Estratto catastale
- Estratto di R.U.
- Stralcio Carta di Pericolosità Geomorfologica (tratta da P.S.) scala 1:5.000
- Stralcio Carta di Pericolosità Idraulica (tratta da P.S.) scala 1:5.000
- Carta dei battenti per Tr 200 anni scala 1:5000
- Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale scala 1:10000
- Carta di fattibilità scala 1:5.000
- Carta di pericolosità geomorfologica relativa all'area in esame ai sensi del *DPGR 53/R*
- Carta di pericolosità idraulica relativa all'area in esame ai sensi del *DPGR 53/R*
- Carta della pericolosità sismica locale relativa all'area in esame ai sensi del *DPGR 53/R*
- Planimetria generale con rilievo quotato scala 1:400
- Planimetria generale scala 1:750 con ubicazione indagini
- Sezioni litostratigrafiche A-A', C-C' B-B'
- Tabulati prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2 (luglio 2010)
- Rilevazioni del microtremore sismico ambientale
- Indagine sismica MASW

ESTRATTO DEL REGOLAMENTO URBANISTICO



ESTRATTO CATASTALE



LEGENDA

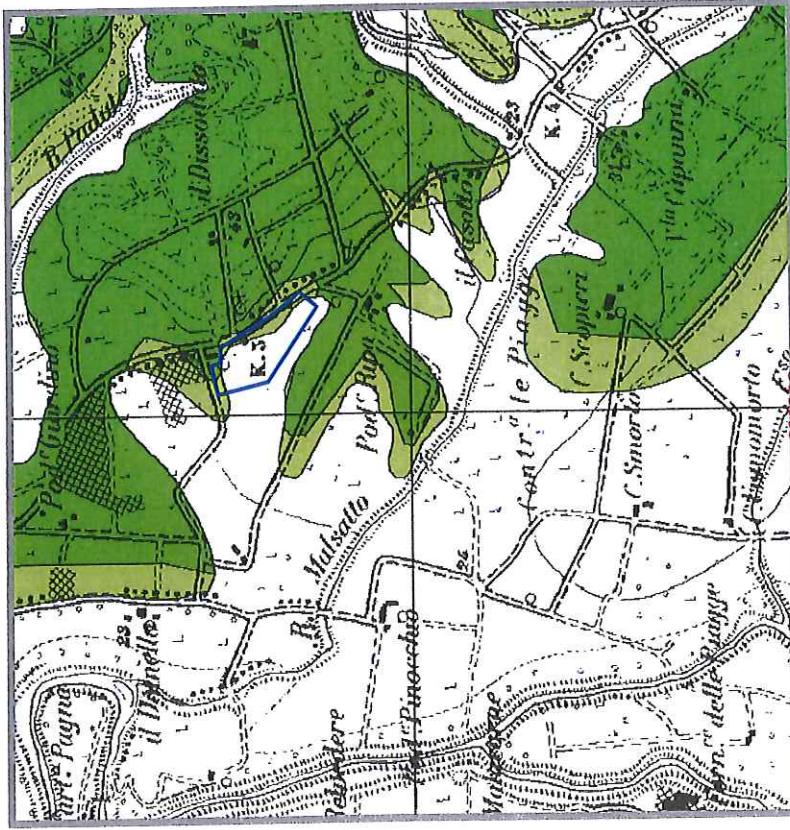


Individuazione del comparto

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME ARNO PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

FONTE: Sito WEB Autorità di Bacino del fiume Arno

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA SCALA 1:25.000



LEGENDA

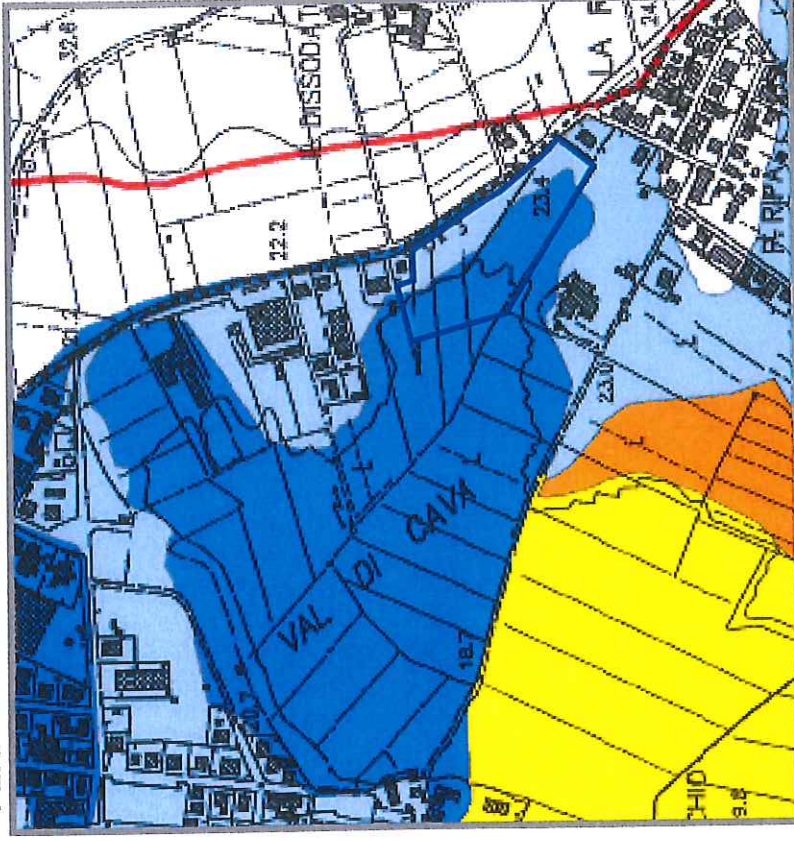
- P.F.1 - Aree a pericolosità moderata
- P.F.2 - Aree a pericolosità media
- P.F.3 - Aree a pericolosità elevata

Ambito spaziale all'interno del quale la pericolosità è individuata su cartografia di dettaglio scala 1:10.000



COMPARTO IN ESAME

PERICOLOSITA' IDRAULICA SCALA 1:10.000



LEGENDA

- P.I.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.I.3 Aree a pericolosità elevata
- P.I.2 Aree a pericolosità media
- P.I.1 Aree a pericolosità moderata

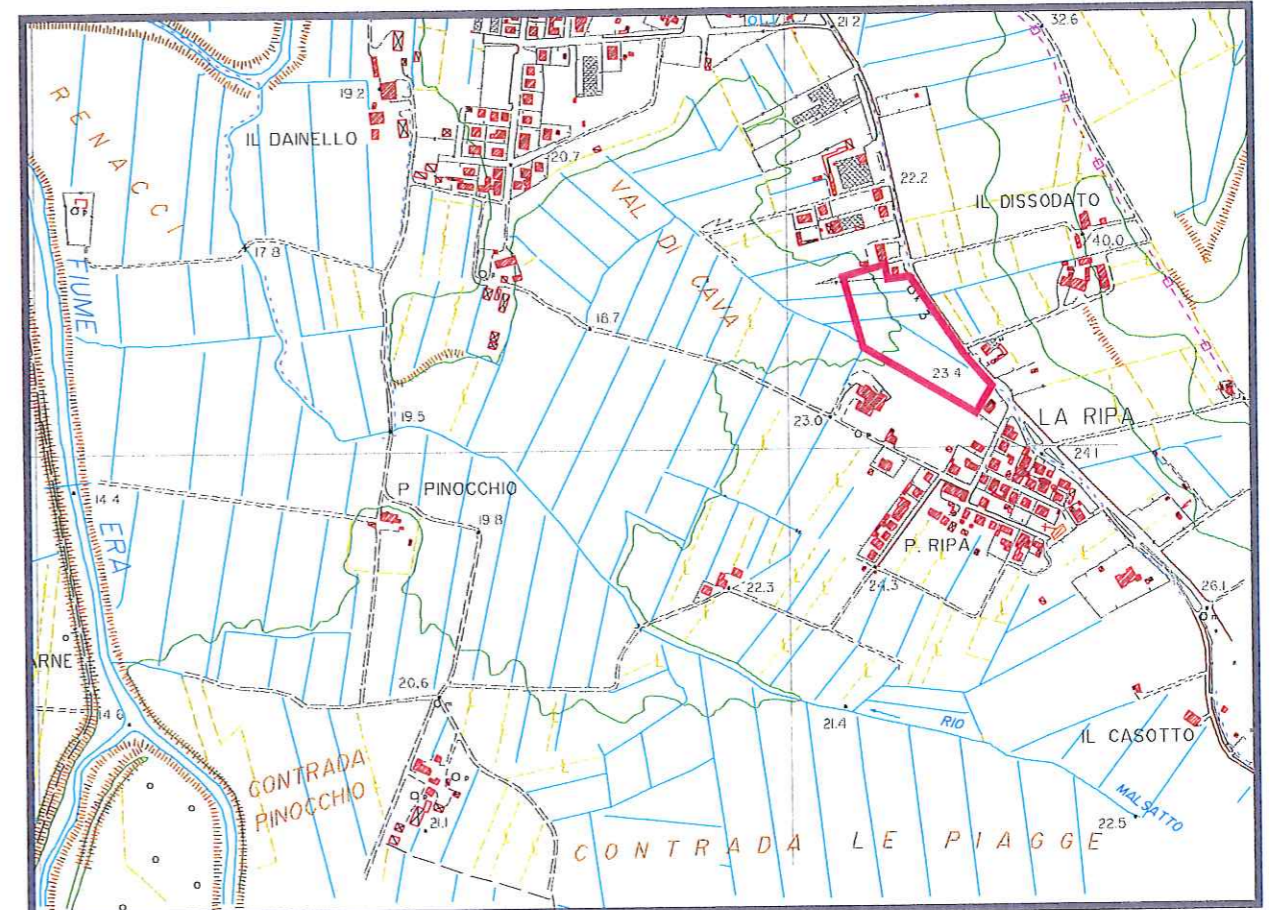
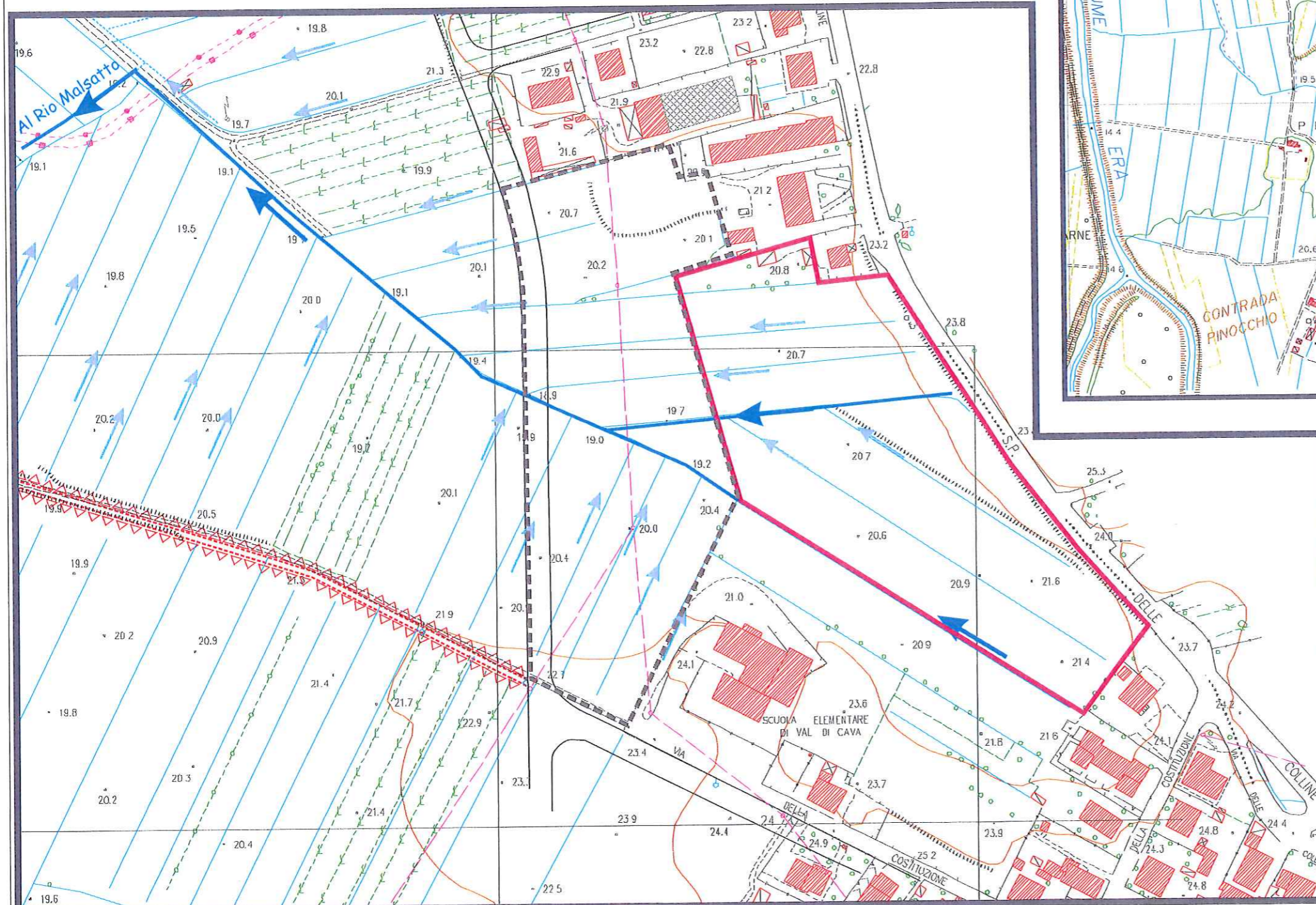
R Aree di ristagno *



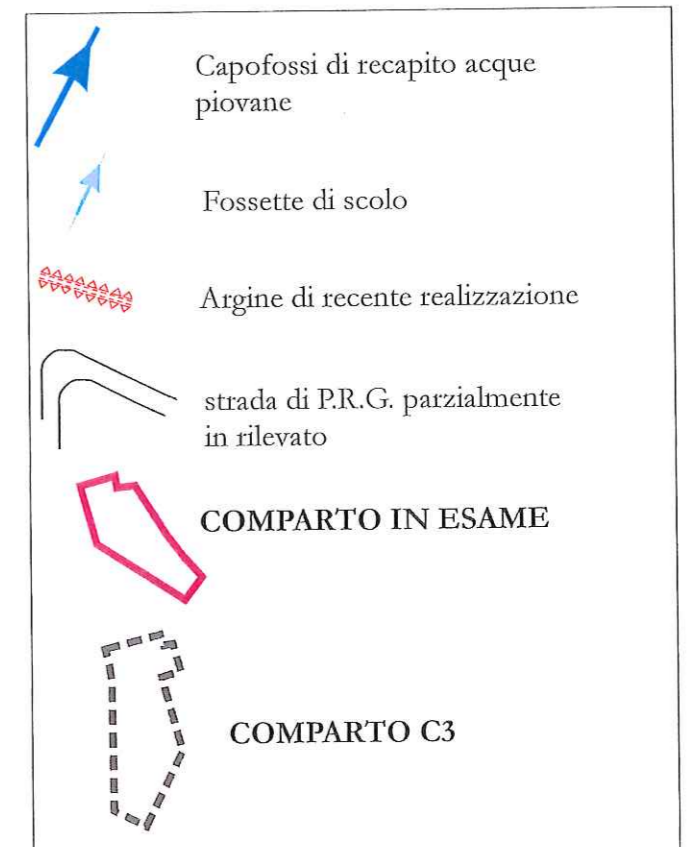
Aree con pericolosità definita su cartografia 1:25.000

INQUADRAMENTO C.T.R. SCALA 1:10.000
(Fonte: Regione Toscana - Quadro n. 273160)

PLANIMETRIA GENERALE SCALA 1:2000
con rappresentazione del reticolo idraulico esistente prima della recente edificazione in zona C3
(Fonte: Regione Toscana Quadro n. 17G39)



LEGENDA



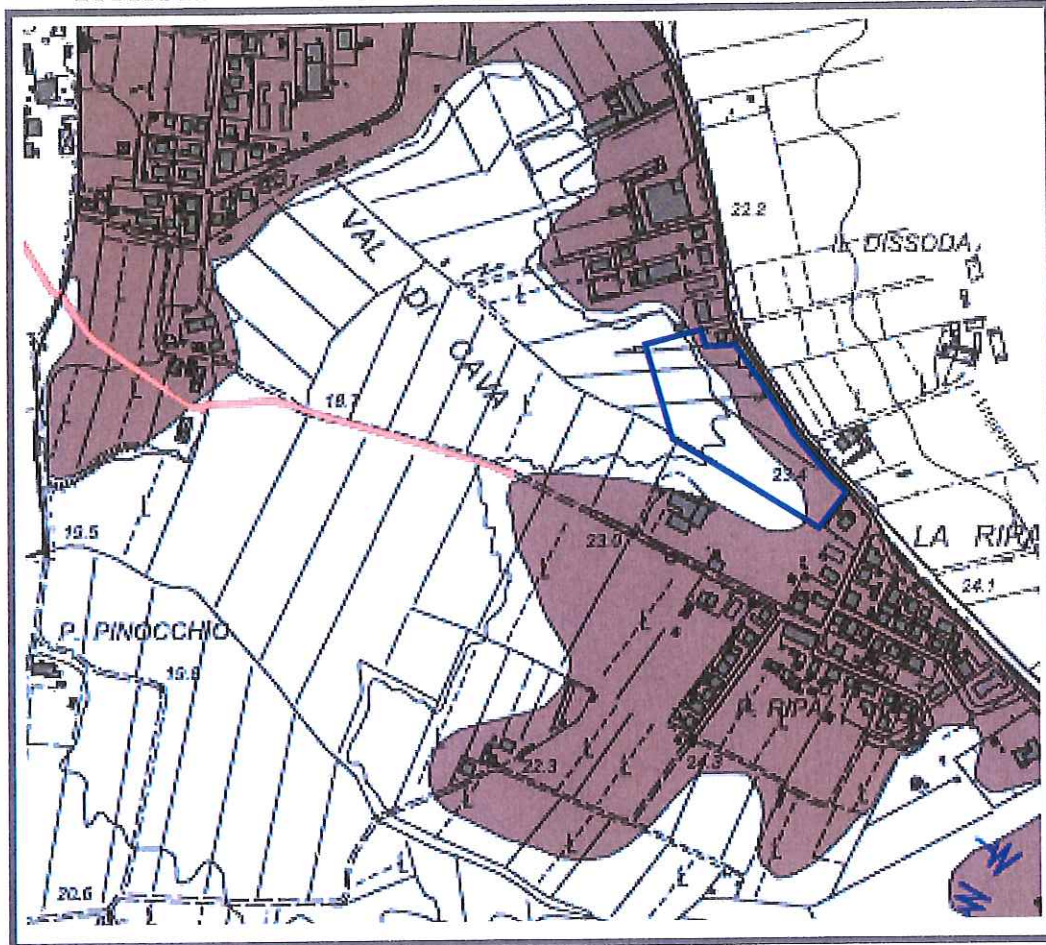
CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000

tratta da

INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE

DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE



**Complesso
Neoautoctono**

Pliocene

Pleistocene
Sup.

Pleistocene
Medio

Pleistocene
Inf.

Pliocene
Int.-Medio



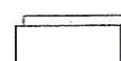
a - Alluvioni attuali



at - Alluvioni terrazzate



q11 - Sabbie e limi di Vicarello



q6 - Conglomerati, Sabbie e Limi
di Casa Poggio ai Lecci



q2 - Sabbie ed argille ad Arctica



p3 - Sabbie



COMPARTO IN ESAME

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000

tratta da

INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE

L.R. n° 1-2005, D.C.R. n° 72-2007, D.P.C.M. 6/05/2005, D.P.G.R. n°26/r-2007

CLASSI DI PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. N° 26/R

G.4 - Pericolosità Geomorfologica Molto Elevata



Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza

G.3 - Pericolosità Geomorfologica Elevata



Aree in cui sono presenti fenomeni quietescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla glacitura, 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.

G.2 - Pericolosità Geomorfologica Media



Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacchurali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

G.1 - Pericolosità Geomorfologica Bassa



Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacchurali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.



tagli



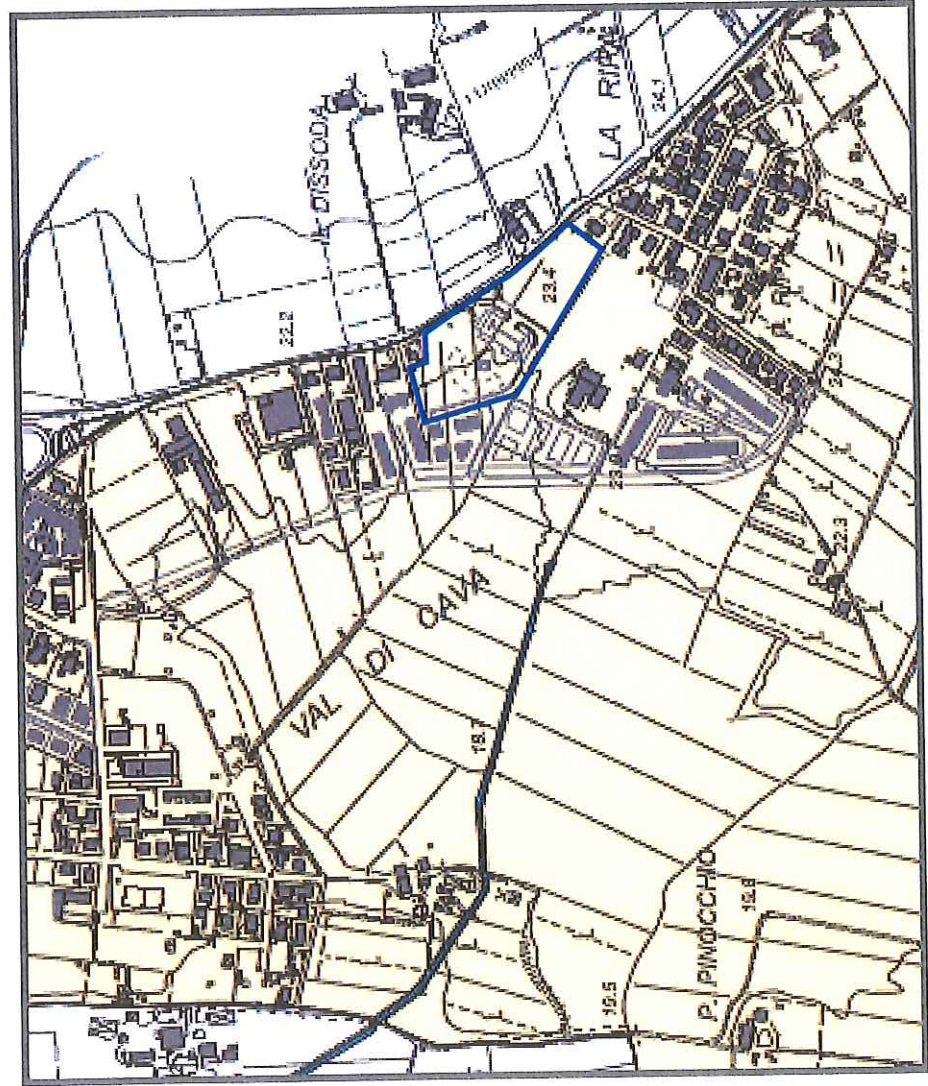
Argini fluviali



Limite Comunale



COMPARTO IN ESAME



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Scala 1:10.000



tratta da

INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE

L.R. n° 1-2005, D.C.R. n° 72-2007, D.P.C.M. 6/05/2005, D.P.G.R. n° 26/r-2007

CLASSI DI PERICOLOSITA' AI SENSI DEL D.P.G.R. N° 26/R

I.4 - Pericolosità Idraulica Molto Elevata

-  Area interessata da allagamenti per eventi con $Tr < 23$ anni
-  Area interessata da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni


I.3 - Pericolosità Idraulica Elevata


-  Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr < 200$ anni

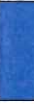
I.2 - Pericolosità Idraulica Media

-  Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr < 500$ anni


I.1 - Pericolosità Idraulica Basso

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

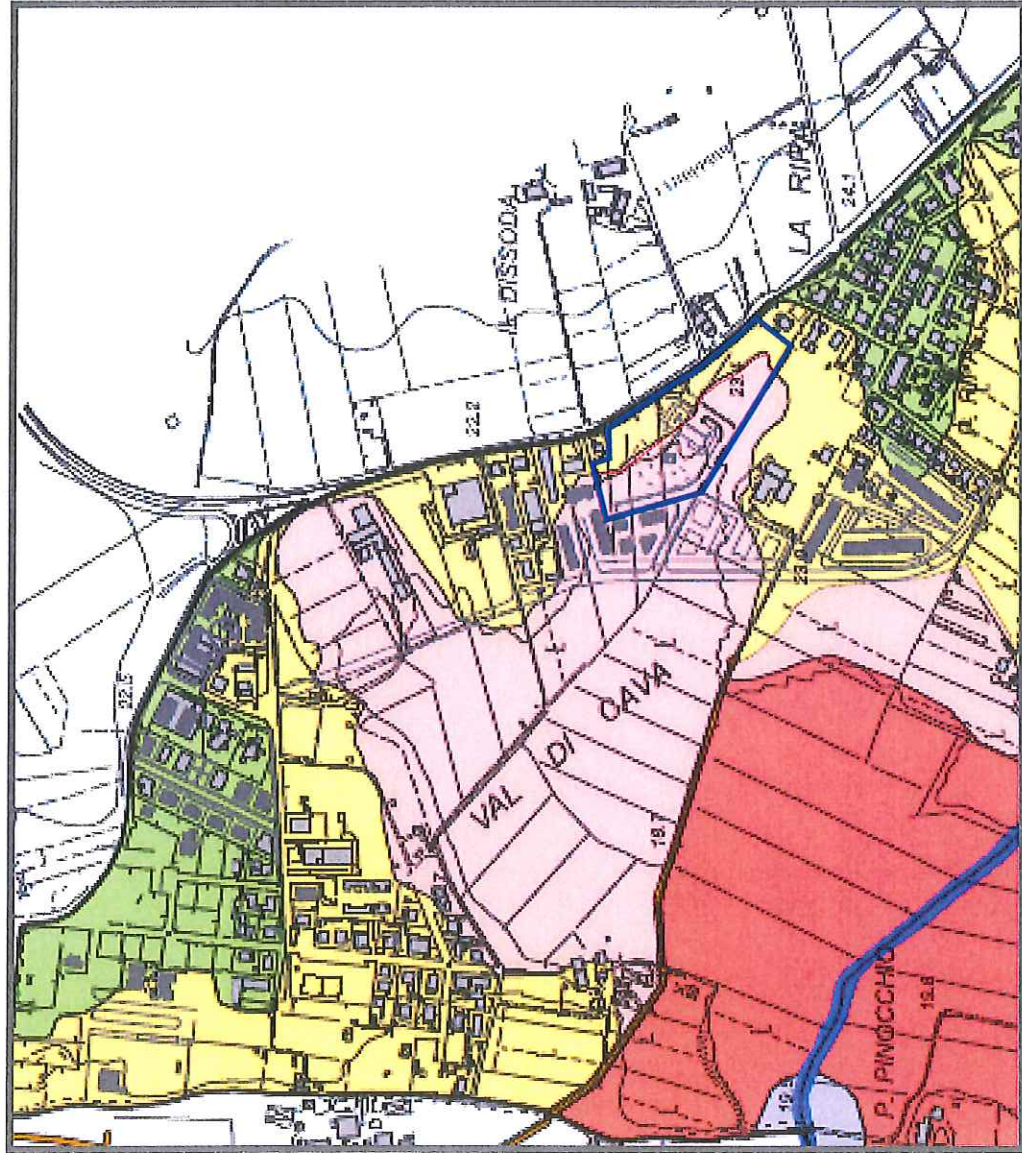
-  Casse di espansione di cui all'Accordo di Pianificazione fra Provincia, Autorità di Bacino, Comuni di Lari e Capannoli, D.P.G.R. n°10 del 12/01/2001

-  Corsi d'acqua principali e laghi

-  Argini fluviali

-  Limite Comunale

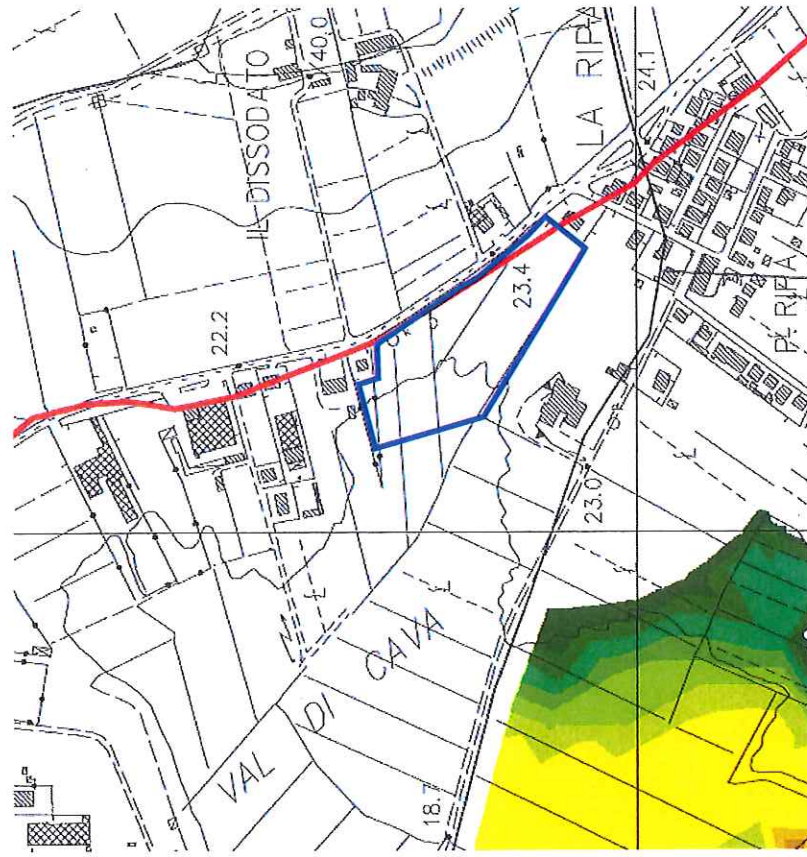
 COMPARTO IN ESAME



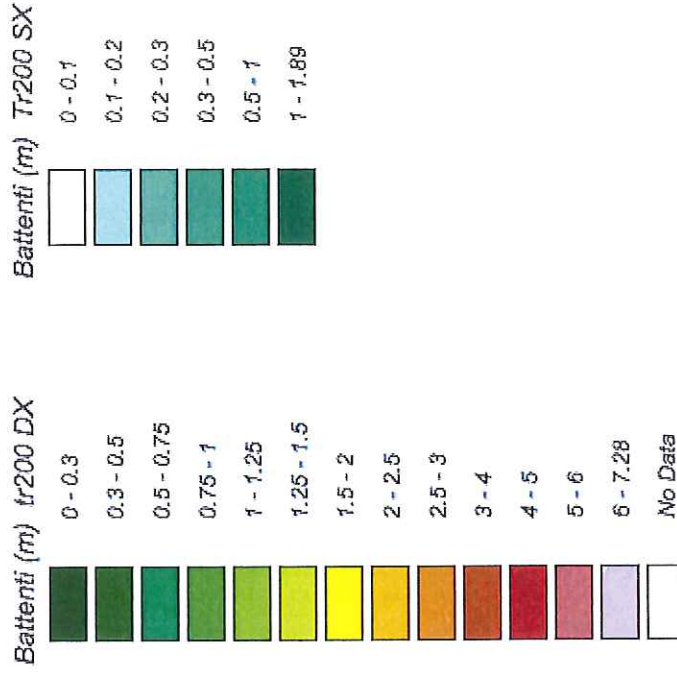
PLANIMETRIA BATTENTI

Tr 200 anni

scala 1:10000



Legenda

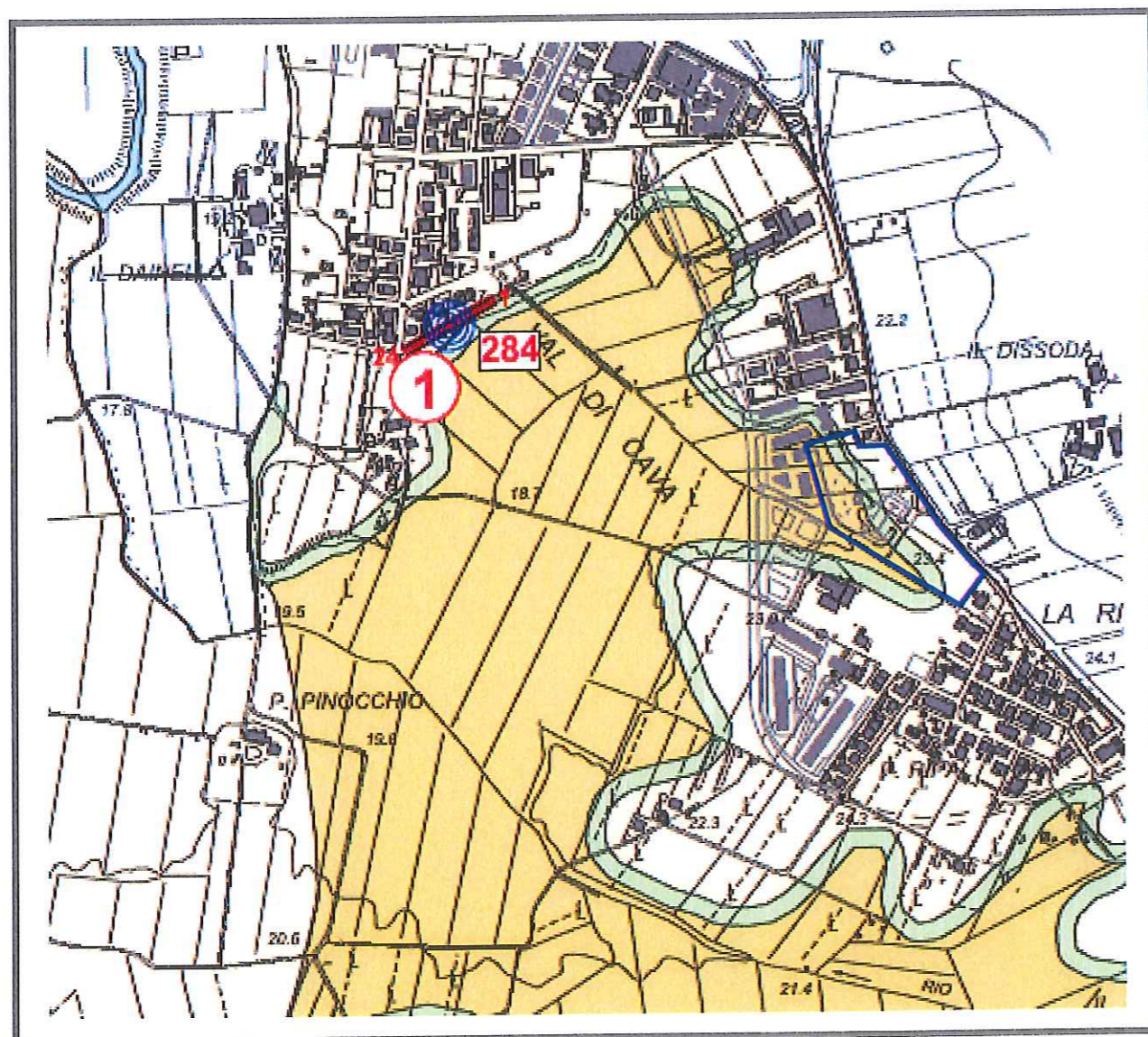


COMPARTO IN ESAME




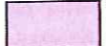
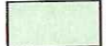


CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

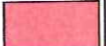


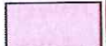
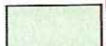

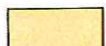
Scala 1:10.000


tratta da
 INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE
 DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE
 L.R. n° 1-2005, D.C.R. n° 72-2007, D.P.C.M. 6/05/2005, D.P.G.R. n° 26/r-2007





 COMPARTO IN ESAME

Zona sismica di riferimento del GRT. 431 del 19/06/2006		3S	GRADO DI PERICOLOSITA' SISMICA
SIMBOLOGIA	TIPOLOGIA DELLE SITUAZIONI		
	(1)	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	S4
	(2A)	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	S3
	(2B)	Zone potenzialmente franose (sede di intensi fenomeni di erosione)	S3
	(4)	Zone con terreni particolarmente scadenti (ex cavi ricolmi)	S3
	(8)	Zone di bordo della valle e di raccordo con il versante	S3
	(9)	Zona con presenza di depositi alluvionali e di depositi del ciclo stratigrafico plio-pleistocenico (complesso neoautoctono)	S3
	(10)	Zona con presenza di coperture colluviali	S3

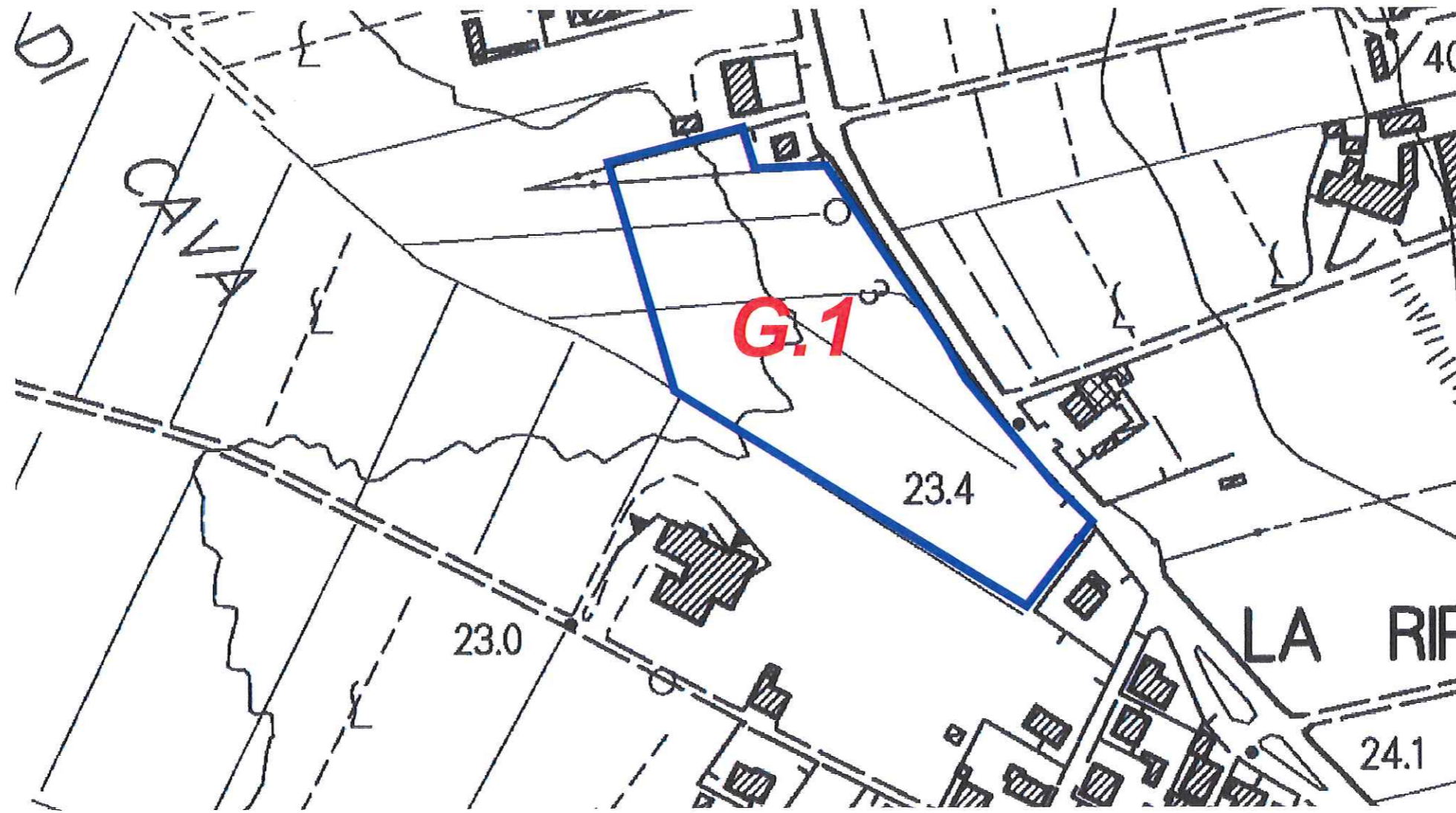
POSSIBILI EFFETTI	
	(1) ACCENTUAZIONE DEI FENOMENI DI INSTABILITA' IN ATTO E POTENZIALI DOVUTI AD EFFETTI DINAMICI QUALI POSSONO VERIFICARSI IN OCCASIONE DI EVENTI SISMICI
	(2A)
	(2B)
	(4) CEDIMENTI DIFFUSI
	(8) AMPLIFICAZIONE SISMICA DOVUTA A MORFOLOGIE SEPOLTE
	(9) AMPLIFICAZIONE DIFFUSA DEL MOTO DEL SUOLO DOVUTA ALLA DIFFERENZA DI RISPOSTA SISMICA TRA SUBSTRATO E COPERTURA DOVUTA A FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA
	(10)

 Profilo sismico a rifrazione con sigla identificativa e posizione del primo ed ultimo geofono

 Prova Re.Mi. (Refraction Microtremor) con indicazione del valore di Vs30 (m/s)

 Traccia sezione geostratigrafica generale

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA
 (ai sensi D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53/R, punto C.1)



LEGENDA

G.1 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA

Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici

G.2 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto

G.3 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA ELEVATA

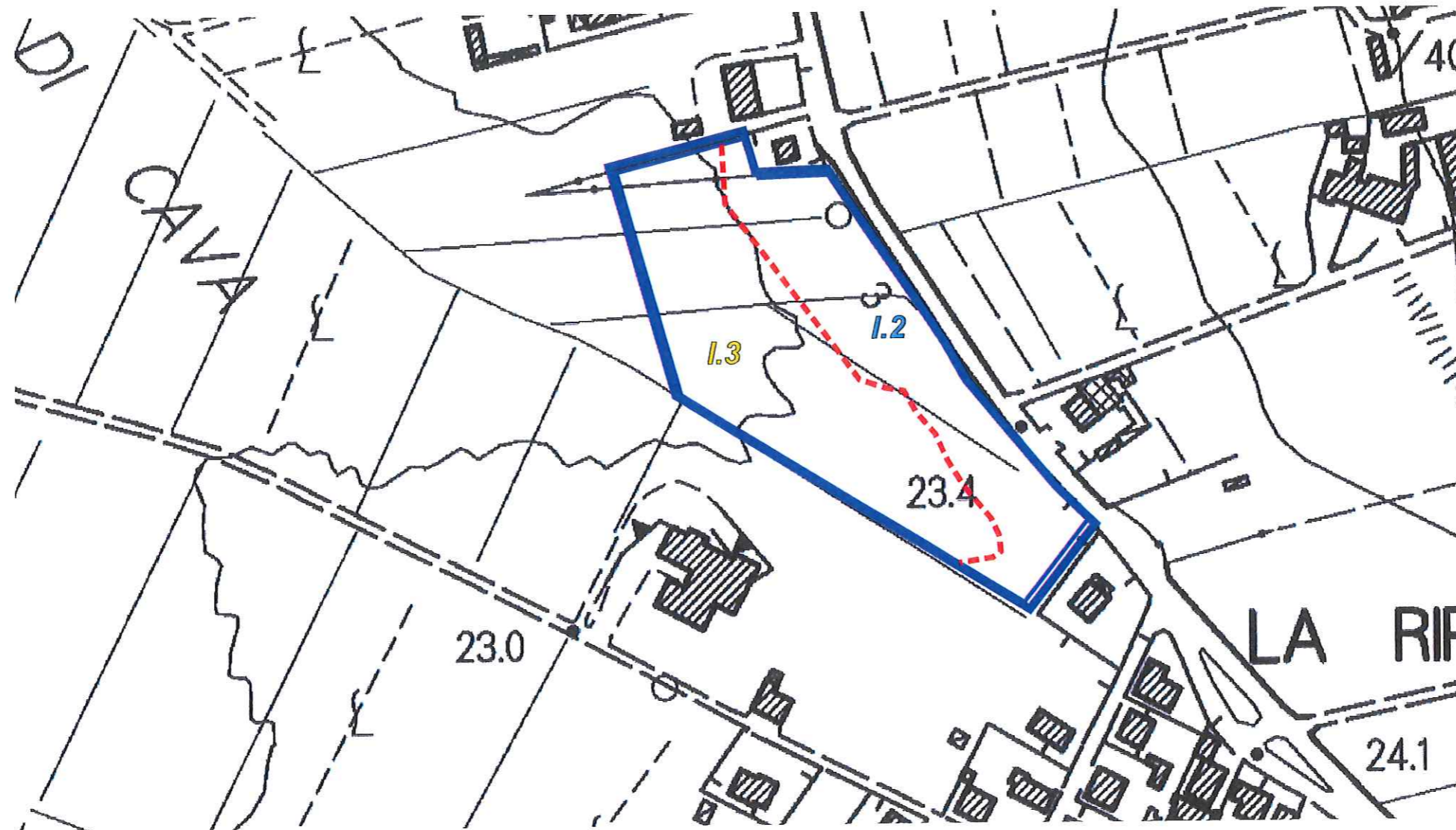
Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

G.4 PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MOLTO ELEVATA

Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
(ai sensi D.P.G.R. 25/10/2011 n. 53/R, punto C.2)



I.1

PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA

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 favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell' argine o, in mancanza, al ciglio di sponda

I.2

PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA

Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < Tr < 500$ anni.

I.3

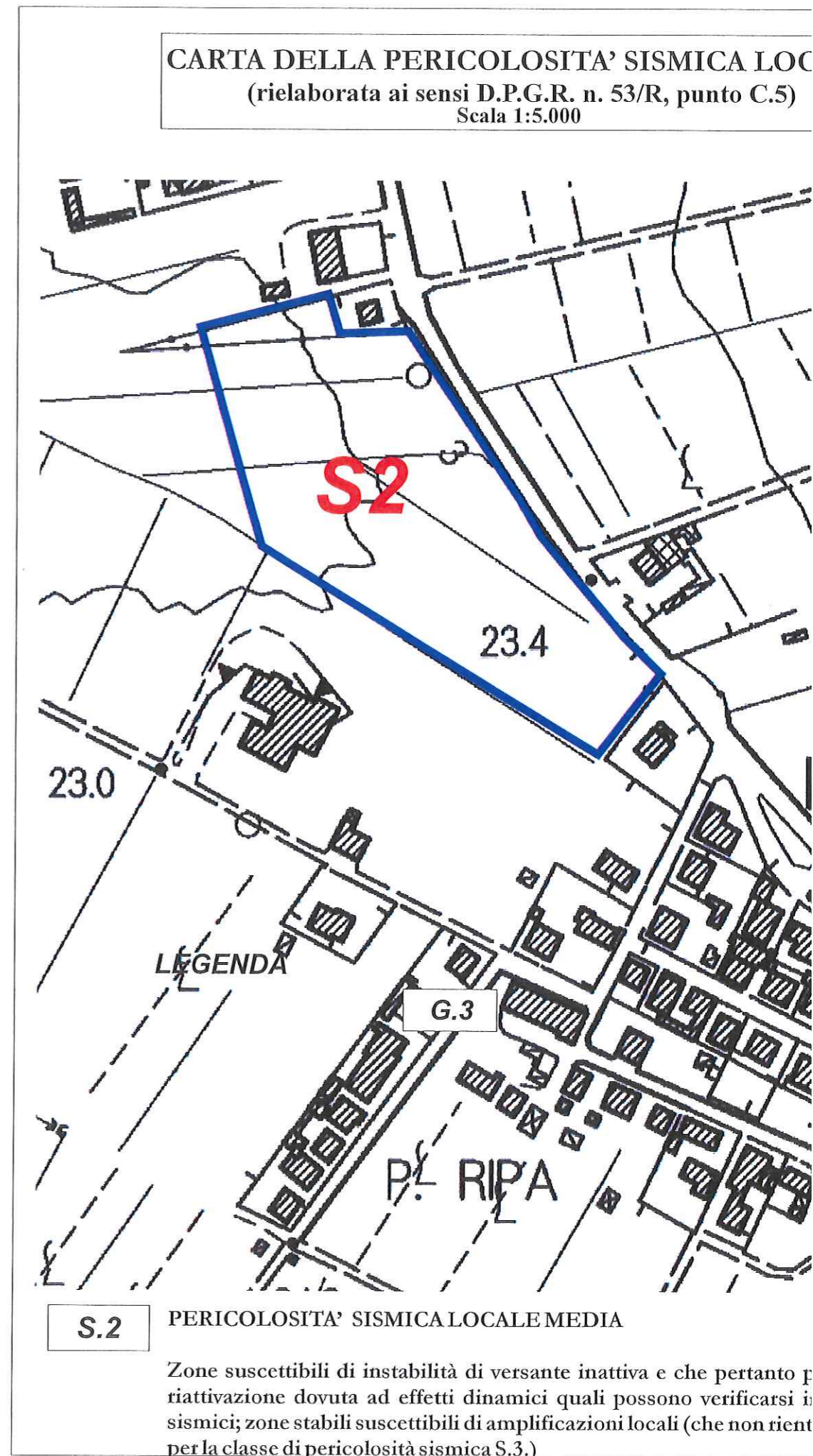
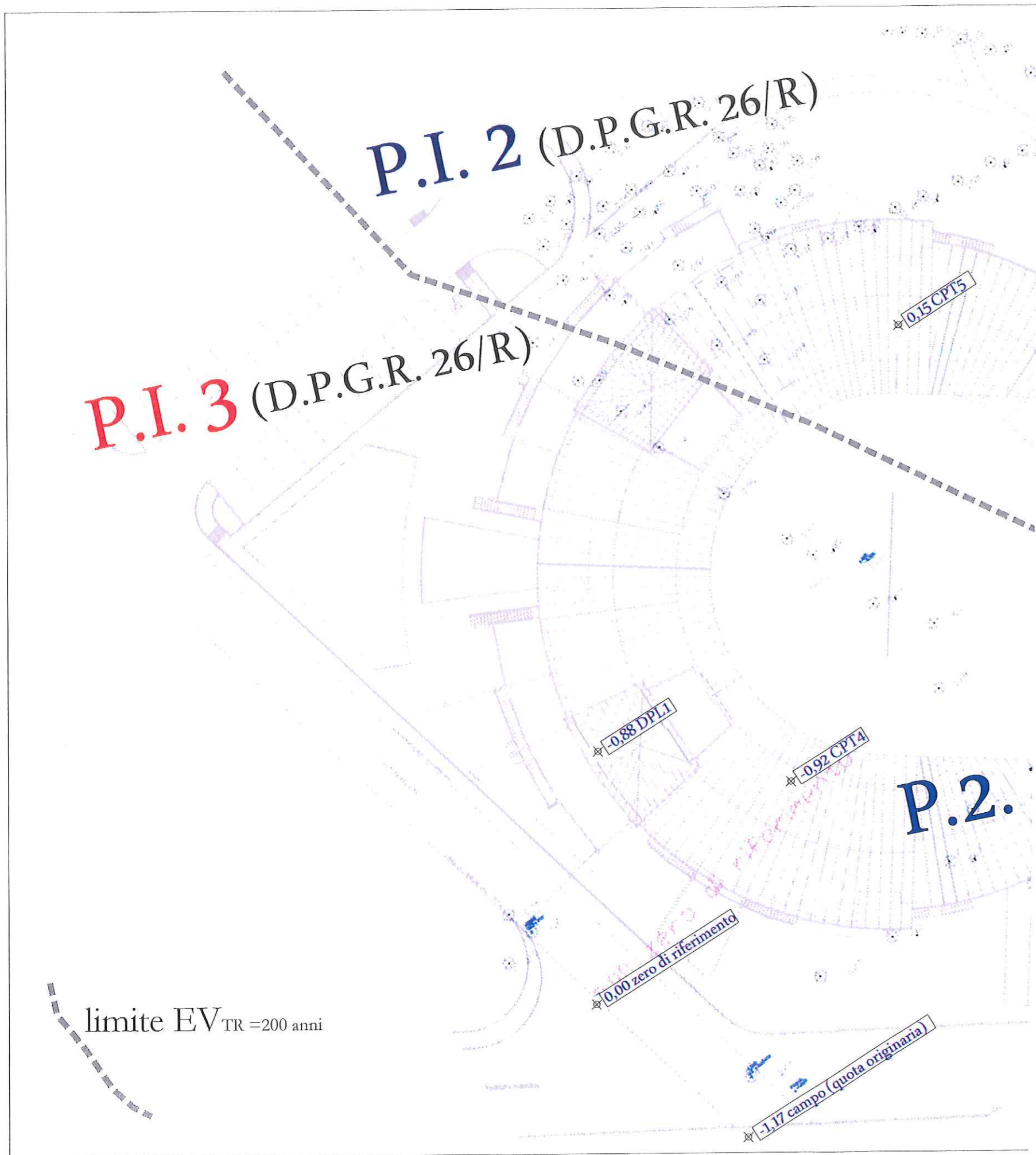
PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA

Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr < 200$ anni.


I.4

PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA

Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr < 30$ anni




LEGENDA

 Tracce Sezioni
Litostratigrafiche

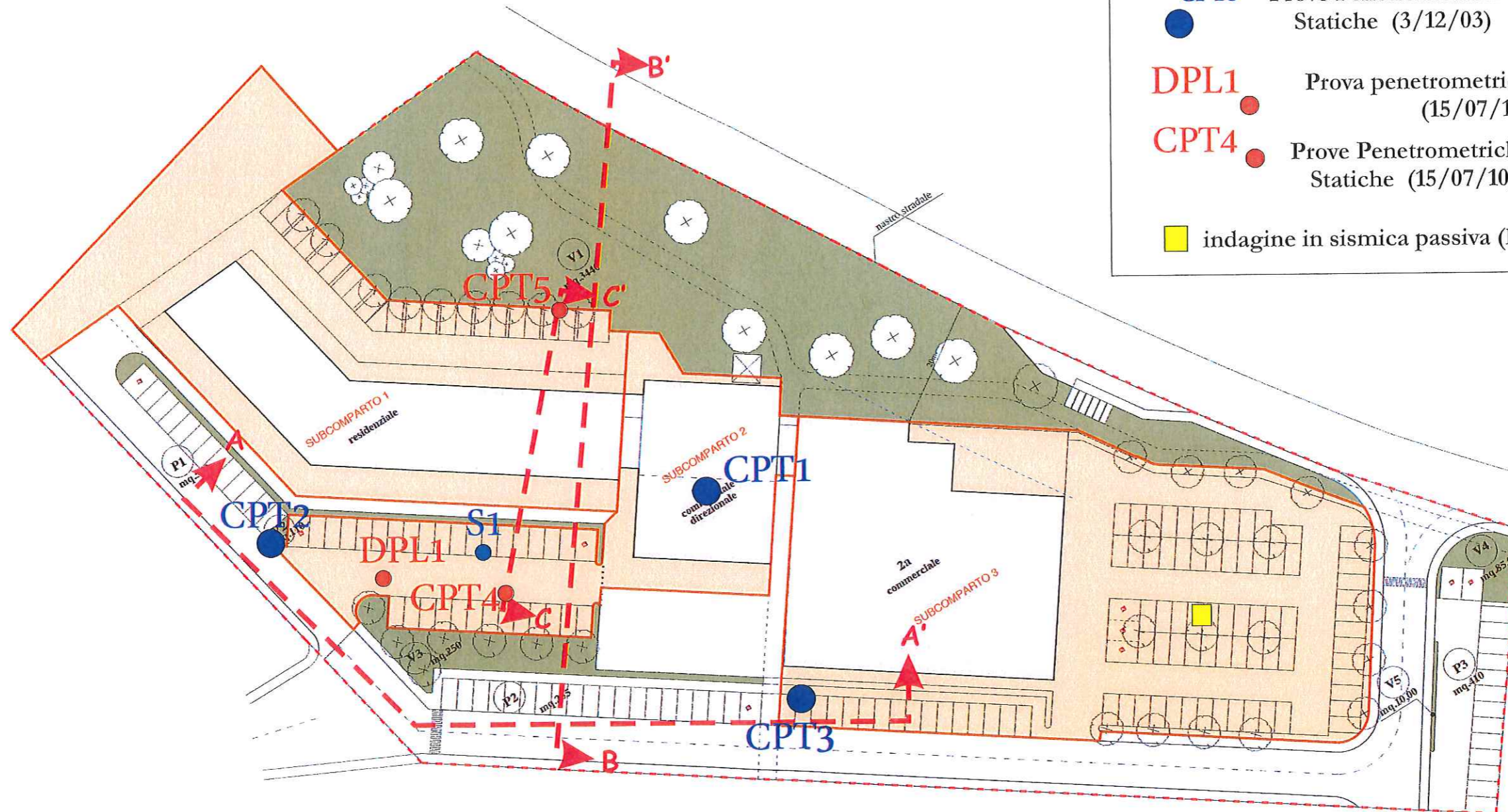
 Sondaggio

 Prove Penetrometriche
Statiche (3/12/03)

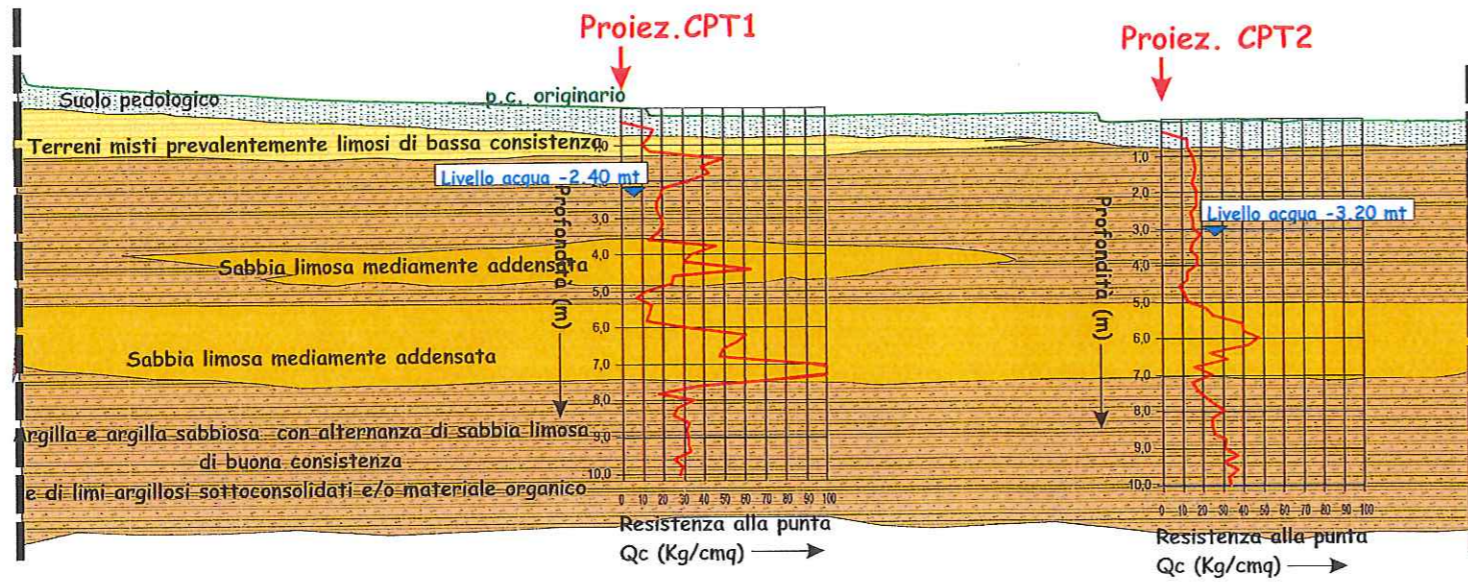
 Prova penetrometrica dinamica
(15/07/10)

 Prove Penetrometriche
Statiche (15/07/10)

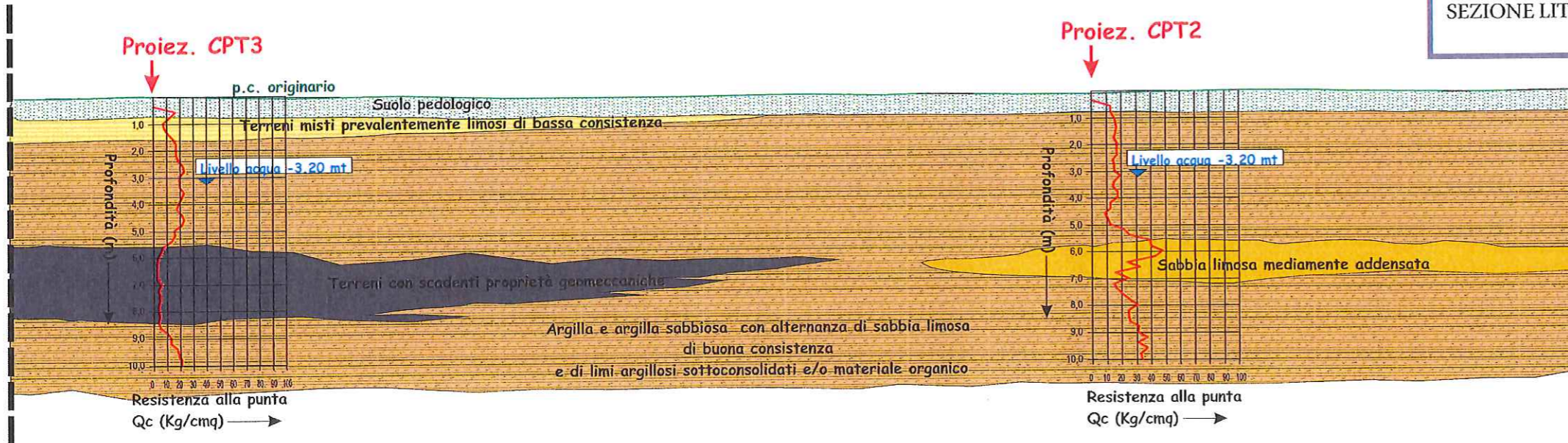
 indagine in sismica passiva (luglio 2015)



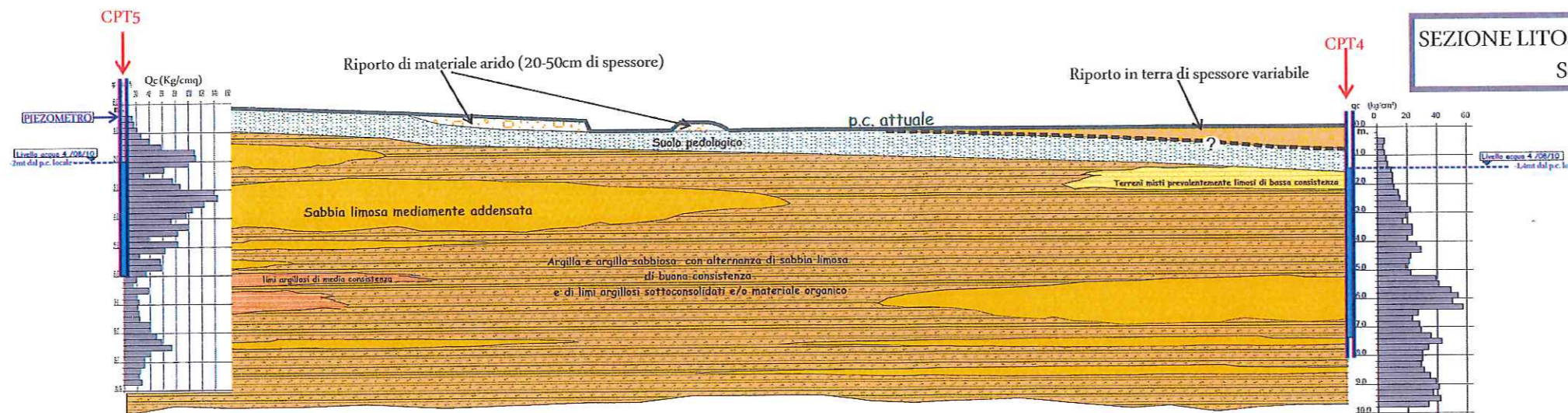
PLANIMETRIA GENERALE SCALA 1:750



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA B-B' Scala 1:500
Scala sottosuolo 1:200



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA A-A' Scala 1:500
Scala sottosuolo 1:200



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA C-C' Scala 1:200

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA
IN LOC. VAL DI CAVA NEL COMUNE DI PONTEDERA**



LUGLIO 2010

Committente: GEOL. PAOLO GIANI



INDICE

1 PREMESSE.....	3
2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH.....	3
3 IL METODO M.A.S.W.....	5
4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE.....	6
5 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	7

ALLEGATI:

- *Grafici "common-shot gather" e spettro di velocità*
- *Grafici, elaborazioni e profilo verticale onde S*
- *Report di calcolo*

**RISULTATI DI UNA PROSPEZIONE GEOFISICA M.A.S.W. ESEGUITA
IN LOC. VAL DI CAVA NEL COMUNE DI PONTEDERA**



1 PREMESSE

La presente relazione descrive i risultati della prospezione sismica M.a.s.w. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) eseguita in loc. Val di Cava, nel Comune di Pontedera (Pi).

L'indagine M.a.s.w. è stata eseguita con l'obiettivo di individuare le caratteristiche sismo-stratigrafiche dei litotipi presenti (velocità delle onde Sh), e la determinazione del parametro VS30, necessario al fine della classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

2 GENERALITÀ SULLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 1) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.

L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92 V_s$.

In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92 V_s$.

La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

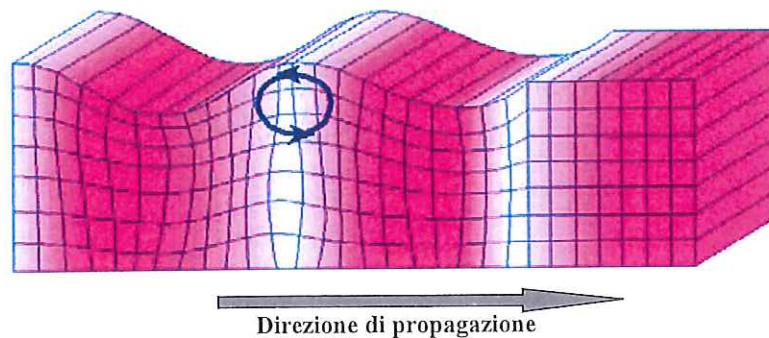


Fig. 1 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto al senso di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dal DM 14/01/2008, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. In caso di variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga a una diversa velocità (velocità di fase) che a sua volta corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda. (Fig. 2)

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

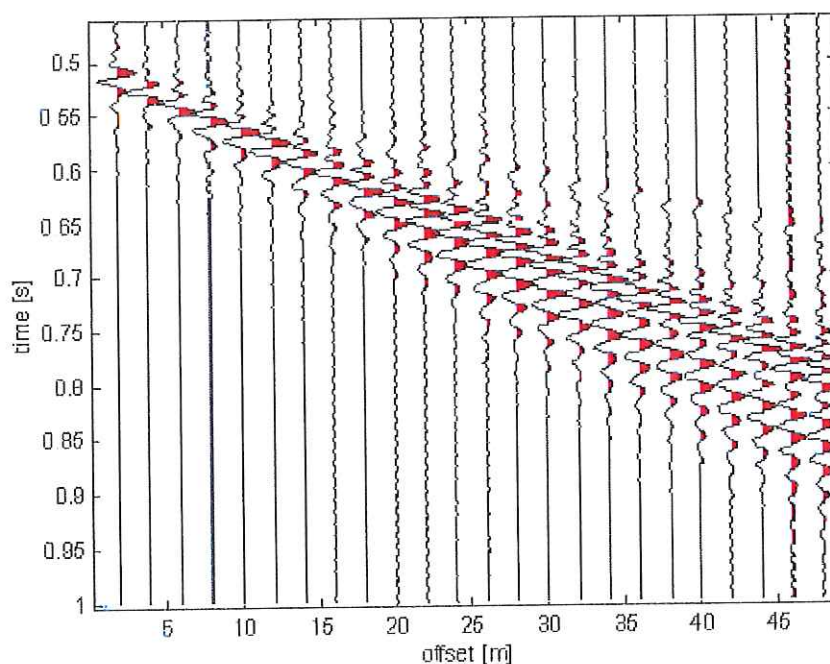


fig. 2 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato. Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

3 IL METODO M.A.S.W.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio VS.

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso tecniche computazionali, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 fasi fondamentali:

- acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
- Estrazione del modo fondamentale dalla curva di dispersione (grafico velocità di fase rispetto alla frequenza) delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS.

Per ottenere un profilo Vs vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P e S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni.

Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, ecc.) e diventano rumore.

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana.

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella possibilità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni.

L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali. Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico.

4 STRUMENTAZIONE E METODOLOGIE IMPIEGATE

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura AMBROGEO "ECHO12-24/2002 Sismic Unit", avente le seguenti caratteristiche:

- . numero di canali: 24
- . sampler interval: 0,296 msec
- . A/D conversion: 16 bit
- . input impedance: 1KOhm
- . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB)
- . saturation tension: +/- 2,3 V
- . saturation level: 100 dB
- . distorsion: 0,01%
- . sampler:
 - 25 msec (191 punti)
 - 50 msec (383 punti)
 - 100 msec (756 punti)
 - 200 msec (1530 punti)
 - 400 msec (3060 punti)

800 msec (6121 punti)

1000 msec

- . sampling: 130 microsec
- . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz
- . digital filter low pass: 1000-50
- . digital filter high pass: 0-250
- . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz
- . dynamic range: 93 dB
- . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB
- . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB
- . power: 12 V.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00.

L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni "Geospace" a 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 24
- spaziatura fra i geofoni: 2 m
- n. shots: sono state effettuate 3 rilevazioni, impiegando la massa battente, a distanze di 2, 6, e 10 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è da considerare orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento sono modesti (nell'ordine dei decimetri).

5 INTERPRETAZIONE DEI DATI

Le diverse curve di dispersione ottenute risultano simili.

Il picking della curva di dispersione è stato eseguito sul solo modo fondamentale utilizzando il grafico spettro di velocità / velocità di fase relativo allo shot con offset di 10m, che è risultato con sufficiente grado di definizione alle frequenze più basse.

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW, il quale consente la determinazione di profili verticali della velocità delle onde di taglio Vs tramite l'inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo.

Per la ricerca del modello sismico sono stati ipotizzati 4 orizzonti a differente velocità Vsh, e per il processo di inversione ci si è basati sulle caratteristiche litostratigrafiche generali note per la

zona. I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione ed inversione sono allegati alla presente relazione.

Di seguito sono riportate le velocità V_s e gli spessori i valori dei livelli sismici costituenti il modello monodimensionale geofisico ricostruito:

- secondo il MODELLO MEDIO

strato n.	1	2	3	4
VS (m/s):	208	239	234	264
Spessori (m):	5,5	4,1	6,8	

- secondo il MODELLO MIGLIORE:

strato	1	2	3	4
Vs (m/s):	208	239	234	265
Spessori (m):	5.5	4.8	6.8	

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha :

- VS30 del modello medio: 241 m/s
- VS30 del modello migliore: 241 m/s

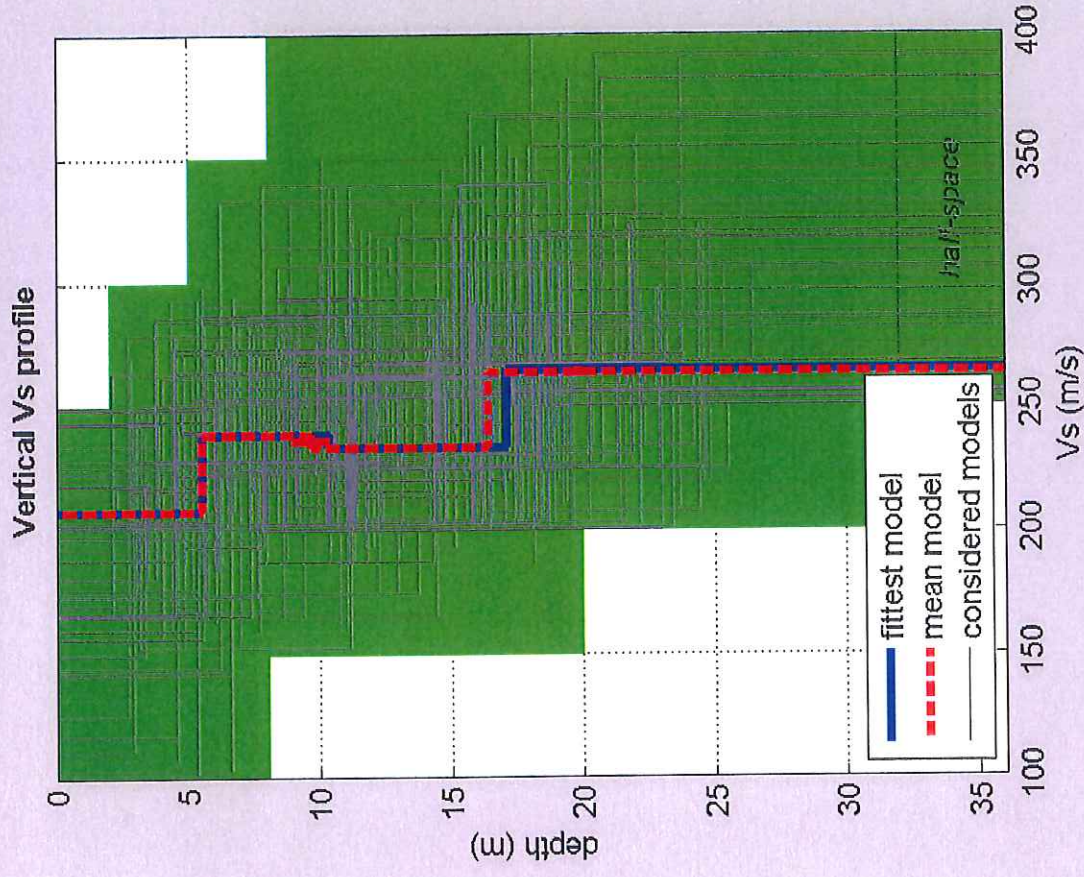
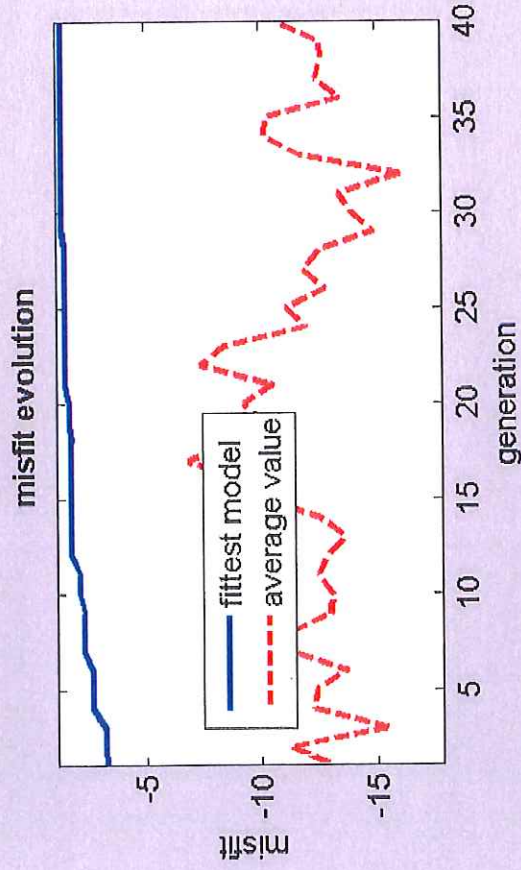
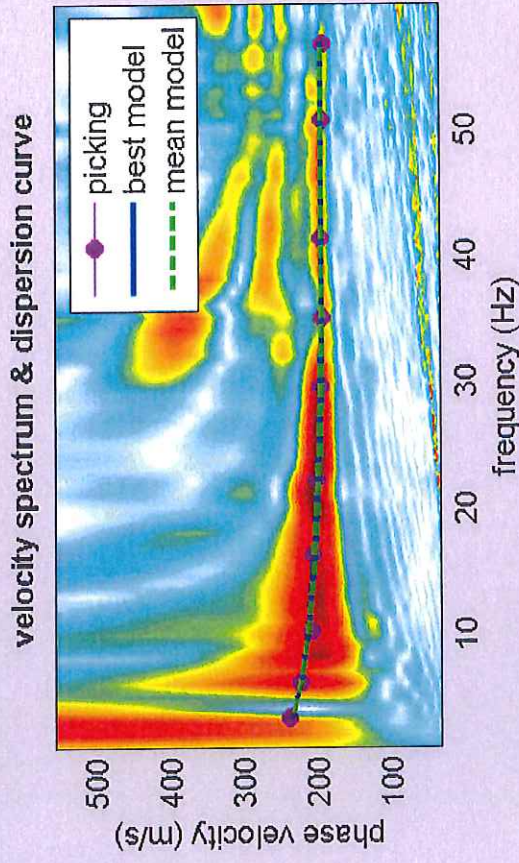
Fermo restando che la scelta della corretta categoria di suolo spetta al progettista, sulla base dei risultati della presente indagine sismica, e del progetto strutturale definitivo, la *categoria di sottosuolo del sito in esame, a partire da quota zero di p.c. è in classe C secondo la tabella 3.2.11 delle NTC 2008, corrispondente a "depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*"

Si ricorda inoltre che il corretto valore di VS30 dovrà essere calcolato a partire dal piano di posa della fondazione.

San Miniato 20/07/2010

Geol. Paolo Gianì



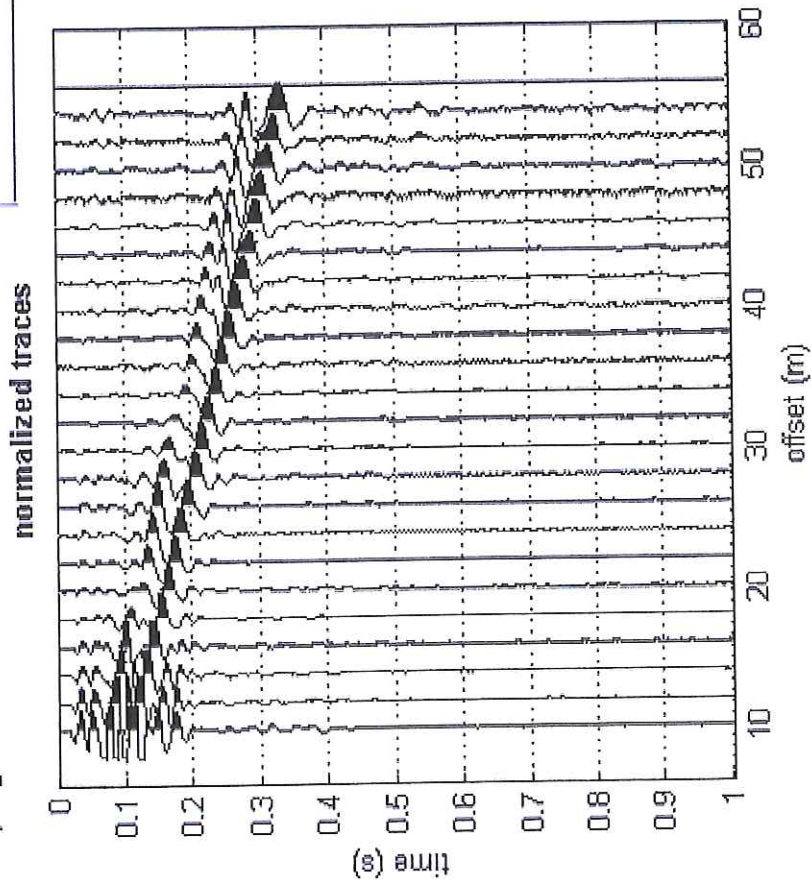


dataset: 10m.SGY
 dispersion curve: 10m val di cava.cdp
 VS30 (best model): 241 m/s
 VS30 (mean model): 241 m/s



#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 10m.SGY
 minimum offset: 10 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 0.131 ms



filtering

utilities

data selection

20

toolbox

refraction

Attenuation analysis

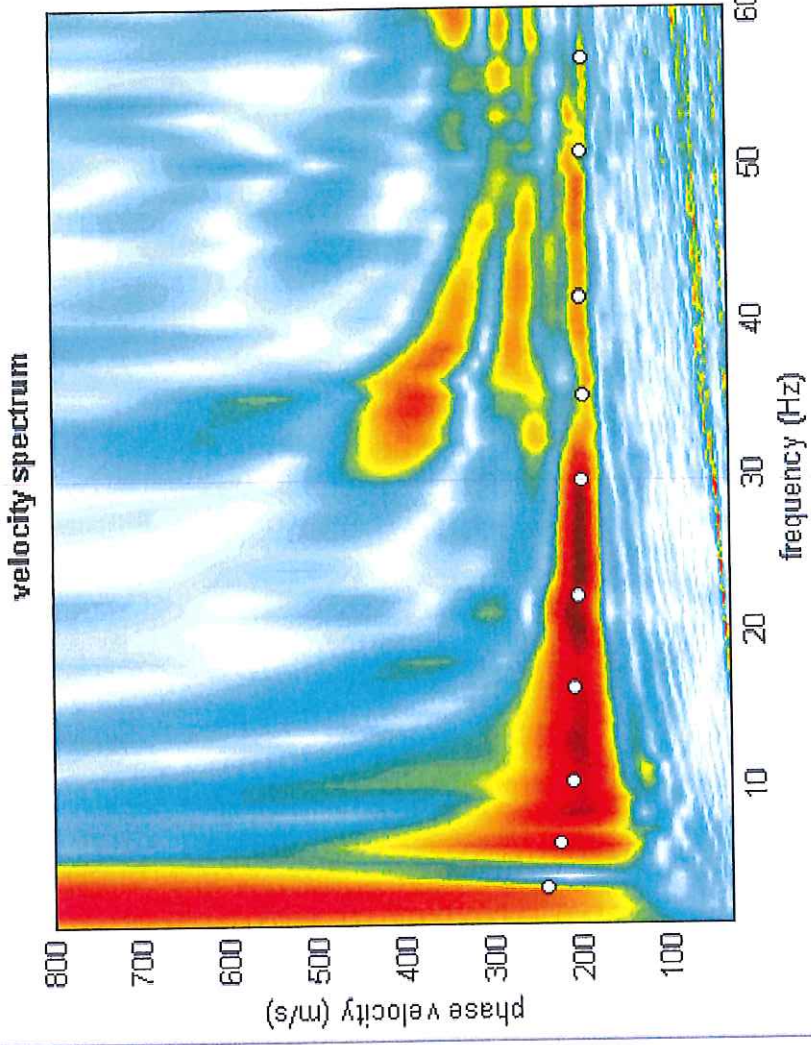
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & Remi analyses)

MASW

Tau...

Remi

visualize curves:



explore spect

pickin:

to select the last point of the considers the mode click the right butt

modelling

general setting

Rayleigh Number of Reference



Dispersion curve: number of frequency-velocity points=10

==o== SECTION#1

dataset: 10m.SGY

minimum offset (m): 10

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 0.131

Dispersion curve: 10m val di cava.cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Rayleigh-wave dispersion analysis

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 100 2 150 3 200 3 250

Adopted search space (maximum Vs & thickness): 250 8 300 12 350 12 400

Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.3

Output folder: C:\WINMAS~3\output

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -13.1008	-3.27456
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -11.2997	-3.19903
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -15.5658	-3.19903
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -12.3164	-2.65084
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -12.3818	-2.65084
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -13.7268	-2.65084
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -11.3227	-2.31691
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -11.2875	-2.31691
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -13.0277	-2.31691
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -13.0825	-2.12964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -12.496	-2.12964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -12.863	-1.77315
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -13.6795	-1.77315
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -12.6178	-1.77315
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -10.1722	-1.77315
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -9.6072	-1.7732
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -6.8416	-1.7732
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -9.0899	-1.7732
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -10.1807	-1.69114
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -9.2747	-1.6911
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -10.5341	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.4019	-1.5121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.4041	-1.5121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -11.961	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -11.154	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -12.8039	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -11.883	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -12.5857	-1.51205
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -14.9116	-1.40733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -13.9822	-1.40733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -13.4302	-1.40733

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -16.2292	-1.40733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -11.782	-1.40733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.1934	-1.40733
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.2578	-1.40733

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -13.5264 -1.40733
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -12.4658 -1.40733
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -12.6824 -1.40733
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -12.6269 -1.40733
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -10.8325 -1.40733

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

Vs (m/s): 208 239 234 265
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3
 Thickness (m): 5.5 4.8 6.8

Number of models considered to calculate the average model: 2

 RESULTS winMASW Pro
 #####

Dataset: 10m.SGY
 Analyzed curve: 10m val di cava.cdp

==o== SECTION#3=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 208 239 234 264
 Standard deviations (m/s): 0 0 0 2
 Thickness (m): 5.5 4.1 6.8
 Standard deviations (m): 0.0 0.7 0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 433 498 487 494
 Density (gr/cm3): 1.85 1.88 1.88 1.88
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Young modulus (MPa): 216 291 278 341
 Shear modulus (MPa): 80 108 103 131
 Lamé (MPa): 187 252 240 197
 Bulk modulus (MPa): 240 324 309 285

Fundamental mode

Mean model
 f(Hz) VR(m/s)
 3.36861 235.8413
 6.23966 224.6338
 10.2591 213.8863
 16.2883 204.844
 22.174 199.3783
 29.6387 196.2679
 35.0937 195.344
 41.41 194.8584
 50.7409 194.5952
 56.7701 194.5347

==o== SECTION#4=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 208 239 234 265
 thickness (m): 5.5486 4.7909 6.8124

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	433	498	487	496
Density (gr/cm3):	1.85	1.89	1.88	1.88
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Young modulus (MPa):	216	291	278	344
Shear modulus (MPa):	80	108	103	132
Lamé (MPa):	187	252	240	199
Bulk modulus (MPa):	240	324	309	287

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.36861	236.1305
6.23966	224.2922
10.2591	213.8487
16.2883	204.9228
22.174	199.3991
29.6387	196.2709
35.0937	195.3451
41.41	194.859
50.7409	194.5956
56.7701	194.5351

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 28 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 208 m/s

VS5 (best model): 208 m/s

VS20 (mean model): 232 m/s

VS20 (best model): 231 m/s

VS30 (mean model): 241 m/s

VS30 (best model): 241 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: C

(based on the mean model)

For Italian Users:

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

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori

superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cuS30 < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

Results saved in the folder "C:\WINMAS~3\output".

winMASW Pro
Surface Wave Analysis
www.eliosoft.it



Andrea Casella Geologo

studio tecnico - Piazza Berlinguer 38, 56010 Metato (San Giuliano Terme - PI)

INDAGINE GEOFISICA IN SISMICA PASSIVA
SU UN'AREA POSTA IN LOC. "VALDICAVA" (PI)
VIA DELLE COLLINE - SP 11

LUGLIO 2015

Comm.te : Dr. Geol. Paolo Giani



INDAGINE GEOFISICA IN SISMICA PASSIVA SU UN'AREA POSTA IN LOC. "VALDICAVA" (PI), VIA DELLE COLLINE – SP 11.

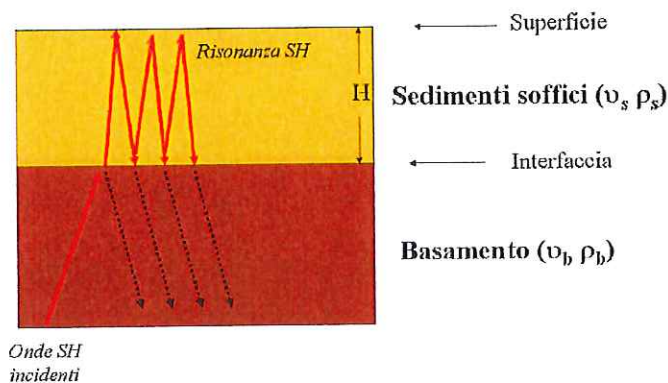
GENERALITÀ

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico), sfruttando il fatto che il "rumore", pur non recando l'informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura.

La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate. I tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d'onda sferico) sia onde di superficie (fronte d'onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell'impedenza acustica si ha il fenomeno della risonanza, che deriva dall'intrappolamento di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all'interno delle coperture ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione "caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti" delle onde.



L'equazione della risonanza è la seguente:

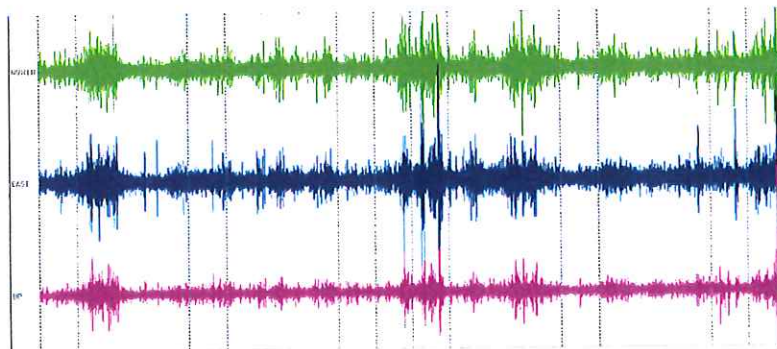
$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.

Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

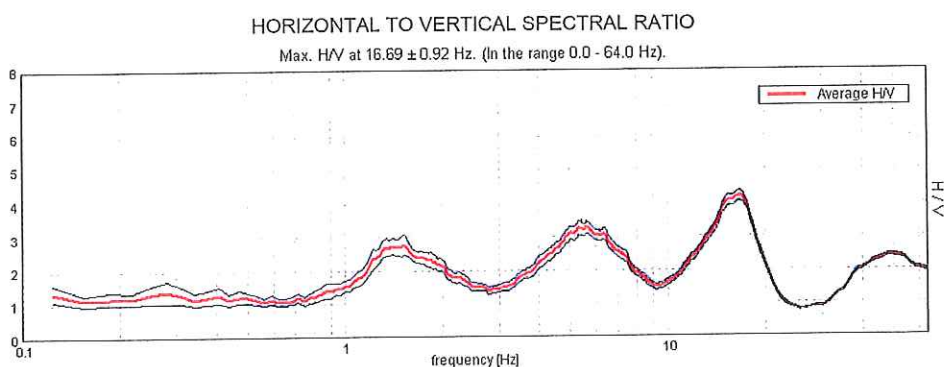
Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V.

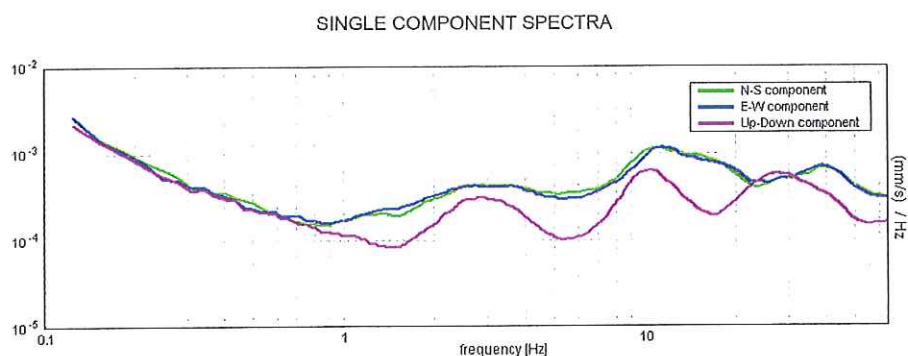
Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.



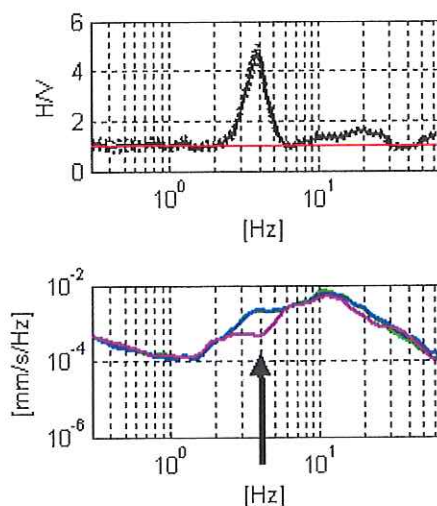
In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di risonanza, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

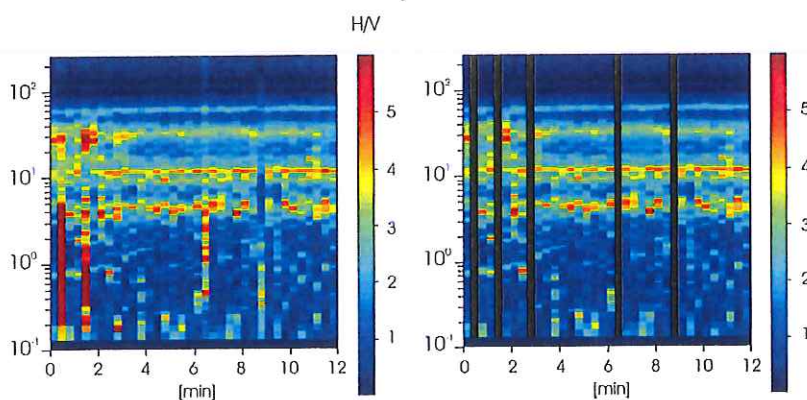
Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.



Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali (di solito aguzzi) su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica.

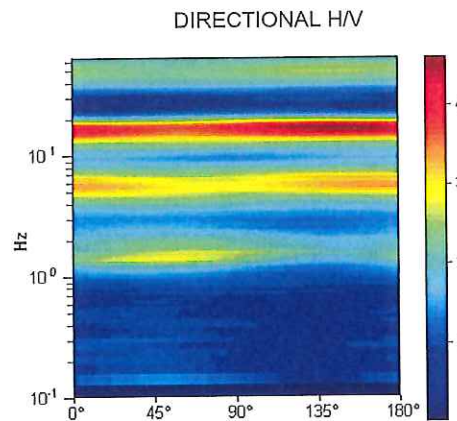


L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* (nel lavoro in oggetto è stato adottato *triangolare* all' 8%) e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.



Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



CAMPAGNA DI PROSPEZIONI IN OGGETTO

Le prospezioni sono state eseguite mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO® è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit.

Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz. L'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da TROMINO® possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

* * *

Il lavoro si è articolato individuando, nella zona da indagare, una stazione di misura, nella quale è stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione pari a 20' ;
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20" ;
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

Lo strumento è stato orientato verso Nord, ed è stato posizionato in modo da ottenere un buon accoppiamento con il terreno.

E' stata redatta una scheda che illustra la posizione di dettaglio del sito di misura, con le caratteristiche descrittive del sito di indagine.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

I dati di campagna sono stati trattati con una procedura di analisi o trattamento consistente in:

- lisciatura triangolare all' 8%
- analisi temporale dell'intero spettro (0-64 Hz) in sottofinestre di 20 s
- analisi direzionale con step di 5°.

Successivamente, analizzato il dato ottenuto, è stato deciso di mantenere la lisciatura triangolare all' 8%. Si è poi effettuata una "pulizia" tramite eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti, con nuova analisi sulle sole finestre selezionate, fino al raggiungimento di un risultato il più possibile chiaro.

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le singole misure sono soggette alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nel report, secondo quanto accennato al paragrafo precedente.

Nell'interpretare la tabella *SESAME* di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto. In effetti è stato scelto il picco da analizzare in base al suo significato in relazione agli scopi del lavoro in oggetto.

- I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti. Se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.
- I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri *SESAME*)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri *SESAME* per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate.

Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

* * *

Nella traccia H/V in oggetto sono presenti dei picchi a frequenze superiori ai 25 Hz che si riferiscono presumibilmente allo strato di copertura. Più interessanti ai fini stratigrafici sono i

picchi a 1,78 Hz e a 0,4 Hz circa: l'entità di tali picchi è modesta (H/V max inferiore a 3) ed hanno entrambi andamento piuttosto blando e buone caratteristiche di stazionarietà.

Il picco a 0,4 Hz è non direzionale, mentre il picco a 1,78 Hz presenta una certa direzionalità.

Il picco a 1,78 Hz non soddisfa tutti i criteri SESAME (vedere il dettaglio nel report allegato). Considerando che entrambi i picchi non risultano netti, si opta per una classificazione **B2**.

ALLEGATI :

- scheda relativa alla stazione di misura
- report relativo all'elaborazione

San Giuliano T.me, Luglio 2015

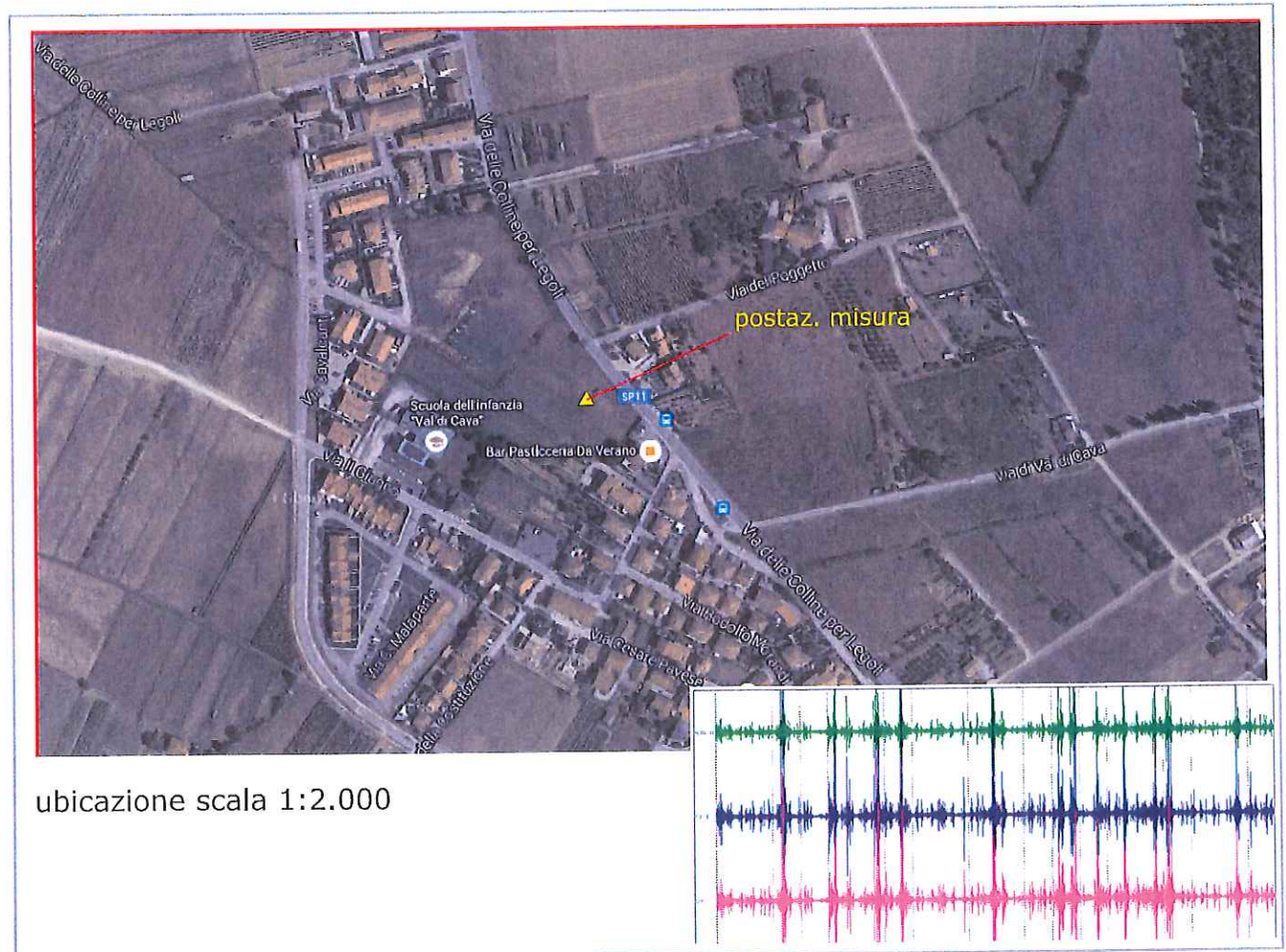


INDAGINE HVSR LOC. "VALDICAVA"

Via delle Colline - SP11



documentazione fotografica



ubicazione scala 1:2.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare a debole acclività

contesto locale: area a prato - vegetazione spontanea

condizioni atmosferiche: sereno - vento debole

coordinate stazione - **43° 38' 19.5" N - 10° 39' 05.1" E**

REPORT INDAGINE HVSR LOC. VALDICAVA (PI) – SP11

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 30/07/15 15:17:38 Fine registrazione: 30/07/15 15:37:38

Tipo di lisciamento: Triangular window

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

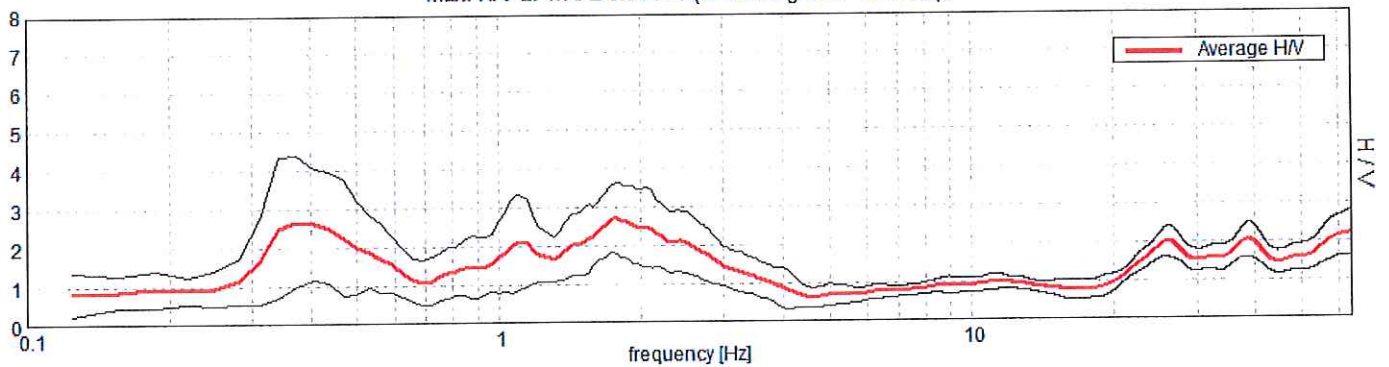
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

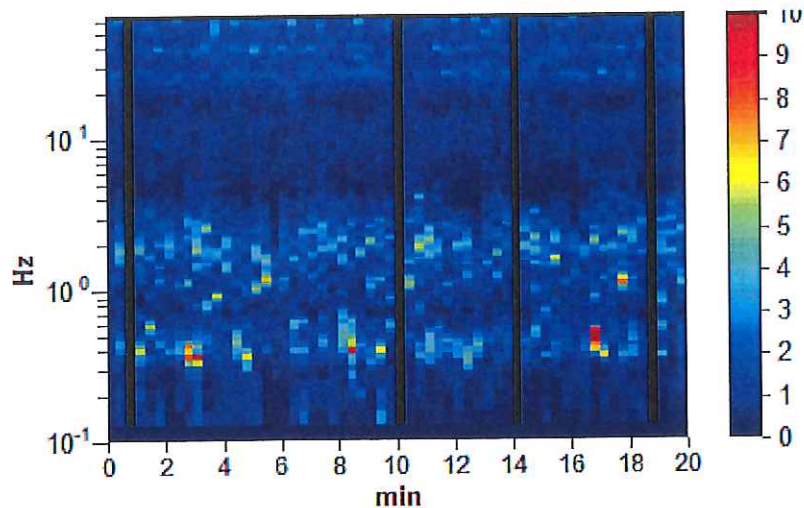
Lisciamento: 8%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

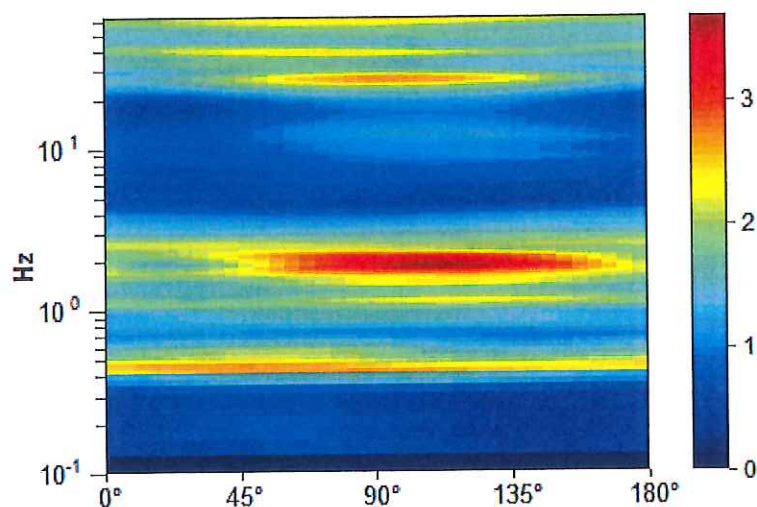
Max. H/V at 1.78 ± 0.94 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



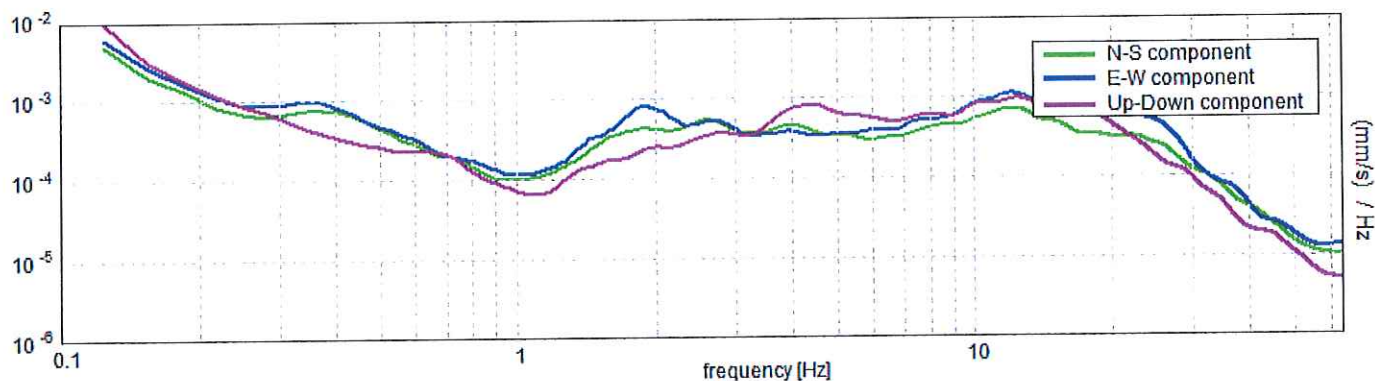
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 1.78 ± 0.94 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

$f_0 > 10 / Lw$: $1.78 > 0.50$ [OK]

$nc(f_0) > 200$: $1995.0 > 200$ [OK]

$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 86 [OK]

.....
Esiste f_- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$: 0.781 Hz [OK]

Esiste f_+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$: 3.125 Hz [OK]

$A_0 > 2$: $2.70 > 2$ [OK]

$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$: $|0.26104| < 0.05$ [NO]

$sf < e(f_0)$: $0.46499 < 0.17813$ [NO]

$sA(f_0) < q(f_0)$: $0.4564 < 1.78$ [OK]

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

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

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

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

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

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

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

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

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

CONVERSIONI

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

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

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

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

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

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

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

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

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

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

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

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

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

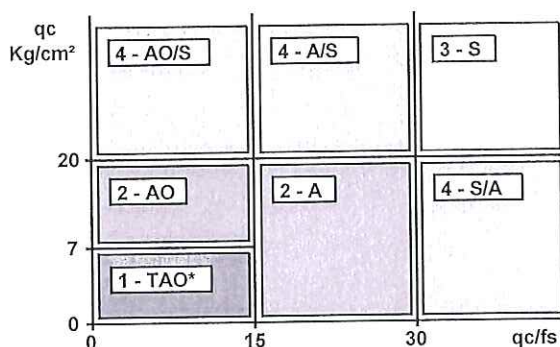
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



NATURA LITOLOGICA

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

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
- lavoro :
- località : loc. Val di Cava
- note : piezometro installato 8.0 m

- data : 15/07/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	---	---	---	5,20	22,0	47,0	22,0	1,27	17,0
0,40	---	---	---	0,20	---	5,40	39,0	58,0	39,0	1,47	27,0
0,60	5,0	8,0	5,0	0,33	15,0	5,60	41,0	63,0	41,0	1,53	27,0
0,80	4,0	9,0	4,0	0,40	10,0	5,80	49,0	72,0	49,0	1,80	27,0
1,00	5,0	11,0	5,0	0,33	15,0	6,00	54,0	81,0	54,0	1,87	29,0
1,20	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0	6,20	50,0	78,0	50,0	1,40	36,0
1,40	7,0	12,0	7,0	0,47	15,0	6,40	57,0	78,0	57,0	0,67	85,0
1,60	9,0	16,0	9,0	0,53	17,0	6,60	27,0	37,0	27,0	0,60	45,0
1,80	10,0	18,0	10,0	1,00	10,0	6,80	23,0	32,0	23,0	1,00	23,0
2,00	10,0	25,0	10,0	1,07	9,0	7,00	28,0	43,0	28,0	1,20	23,0
2,20	11,0	27,0	11,0	1,00	11,0	7,20	29,0	47,0	29,0	0,73	40,0
2,40	14,0	29,0	14,0	1,13	12,0	7,40	36,0	47,0	36,0	0,87	42,0
2,60	15,0	32,0	15,0	1,33	11,0	7,60	43,0	56,0	43,0	1,67	26,0
2,80	20,0	40,0	20,0	1,13	18,0	7,80	34,0	59,0	34,0	1,73	20,0
3,00	22,0	39,0	22,0	1,47	15,0	8,00	30,0	56,0	30,0	1,53	20,0
3,20	19,0	41,0	19,0	1,47	13,0	8,20	30,0	53,0	30,0	1,73	17,0
3,40	17,0	39,0	17,0	1,20	14,0	8,40	29,0	55,0	29,0	1,67	17,0
3,60	23,0	41,0	23,0	1,20	19,0	8,60	31,0	56,0	31,0	1,67	19,0
3,80	23,0	41,0	23,0	0,93	25,0	8,80	35,0	60,0	35,0	1,87	19,0
4,00	20,0	34,0	20,0	1,73	12,0	9,00	39,0	67,0	39,0	2,07	19,0
4,20	26,0	52,0	26,0	1,40	19,0	9,20	41,0	72,0	41,0	1,87	22,0
4,40	29,0	50,0	29,0	1,27	23,0	9,40	37,0	65,0	37,0	2,20	17,0
4,60	22,0	41,0	22,0	1,13	19,0	9,60	42,0	75,0	42,0	2,07	20,0
4,80	21,0	38,0	21,0	1,00	21,0	9,80	34,0	65,0	34,0	---	---
5,00	19,0	34,0	19,0	1,67	11,0						

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
- lavoro :
- località : loc. Val di Cava
- note : piezometro installato 6.0 m

- data : 15/07/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm ²	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	---	---	---	5,20	63,0	87,0	63,0	3,47	18,0
0,40	---	---	---	1,00	---	5,40	24,0	76,0	24,0	1,00	24,0
0,60	14,0	29,0	14,0	1,33	10,0	5,60	56,0	71,0	56,0	1,73	32,0
0,80	16,0	36,0	16,0	1,73	9,0	5,80	58,0	84,0	58,0	1,27	46,0
1,00	21,0	47,0	21,0	1,20	17,0	6,00	34,0	53,0	34,0	1,80	19,0
1,20	27,0	45,0	27,0	3,27	8,0	6,20	19,0	46,0	19,0	1,07	18,0
1,40	40,0	89,0	40,0	4,20	10,0	6,40	14,0	30,0	14,0	1,73	8,0
1,60	58,0	121,0	58,0	2,87	20,0	6,60	38,0	64,0	38,0	1,93	20,0
1,80	109,0	152,0	109,0	4,47	24,0	6,80	20,0	49,0	20,0	2,33	9,0
2,00	111,0	178,0	111,0	5,07	22,0	7,00	23,0	58,0	23,0	1,47	16,0
2,20	99,0	175,0	99,0	3,93	25,0	7,20	21,0	43,0	21,0	1,67	13,0
2,40	62,0	121,0	62,0	4,33	14,0	7,40	23,0	48,0	23,0	0,73	31,0
2,60	31,0	96,0	31,0	7,60	4,0	7,60	24,0	35,0	24,0	1,13	21,0
2,80	75,0	189,0	75,0	3,13	24,0	7,80	41,0	58,0	41,0	1,73	24,0
3,00	87,0	134,0	87,0	5,73	15,0	8,00	41,0	67,0	41,0	2,13	19,0
3,20	139,0	225,0	139,0	4,67	30,0	8,20	49,0	81,0	49,0	2,93	17,0
3,40	144,0	214,0	144,0	4,87	30,0	8,40	57,0	101,0	57,0	3,93	14,0
3,60	124,0	197,0	124,0	5,00	25,0	8,60	73,0	132,0	73,0	2,13	34,0
3,80	106,0	181,0	106,0	3,27	32,0	8,80	41,0	73,0	41,0	2,67	15,0
4,00	96,0	145,0	96,0	3,27	29,0	9,00	32,0	72,0	32,0	2,00	16,0
4,20	73,0	122,0	73,0	3,47	21,0	9,20	31,0	61,0	31,0	1,27	24,0
4,40	99,0	151,0	99,0	3,07	32,0	9,40	25,0	44,0	25,0	0,93	27,0
4,60	83,0	129,0	83,0	1,80	46,0	9,60	23,0	37,0	23,0	1,60	14,0
4,80	38,0	65,0	38,0	1,87	20,0	9,80	27,0	51,0	27,0	---	---
5,00	83,0	111,0	83,0	1,60	52,0						

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

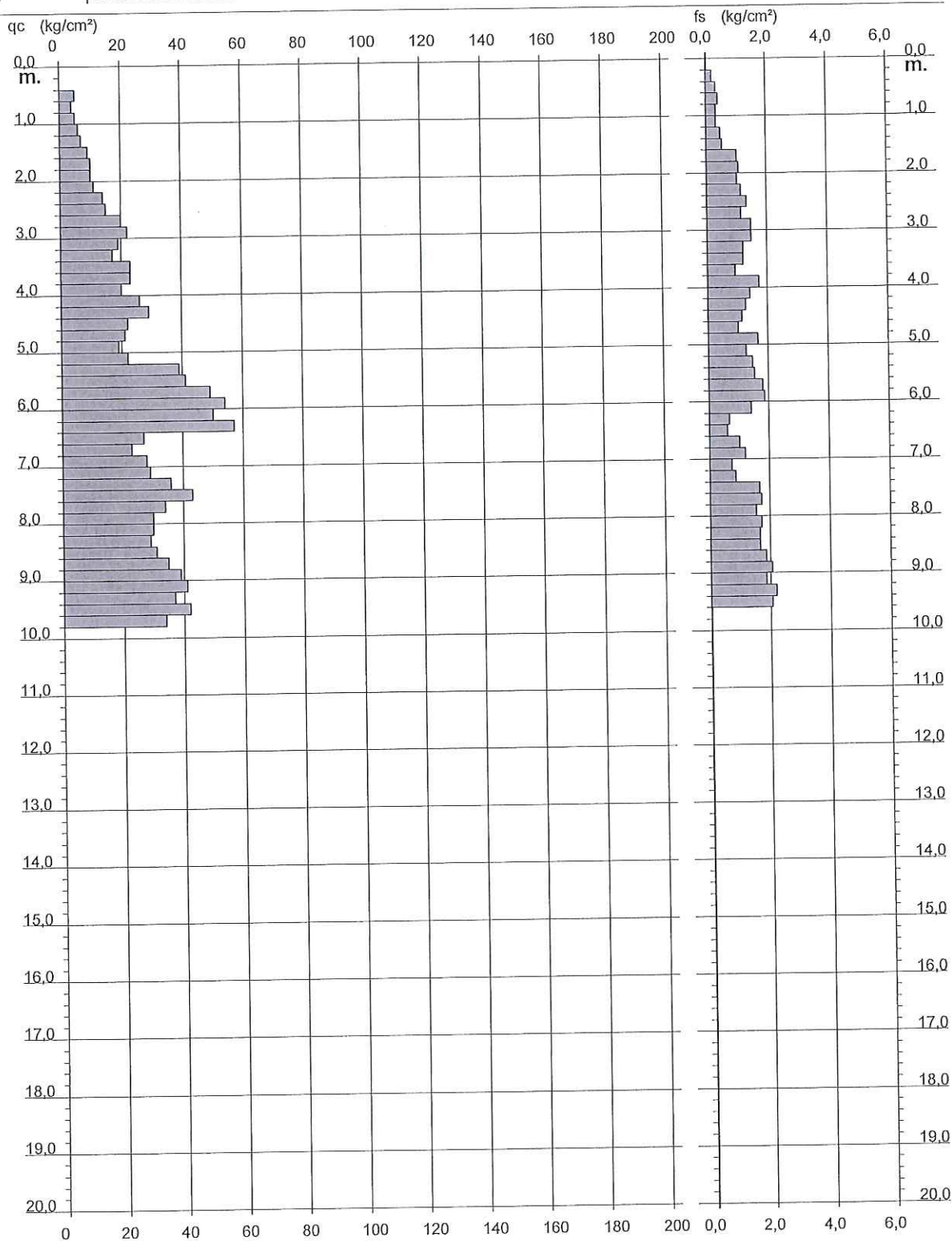
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
- lavoro :
- località : loc. Val di Cava
- note : piezometro installato 8.0 m

- data : 15/07/2010
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1: 100



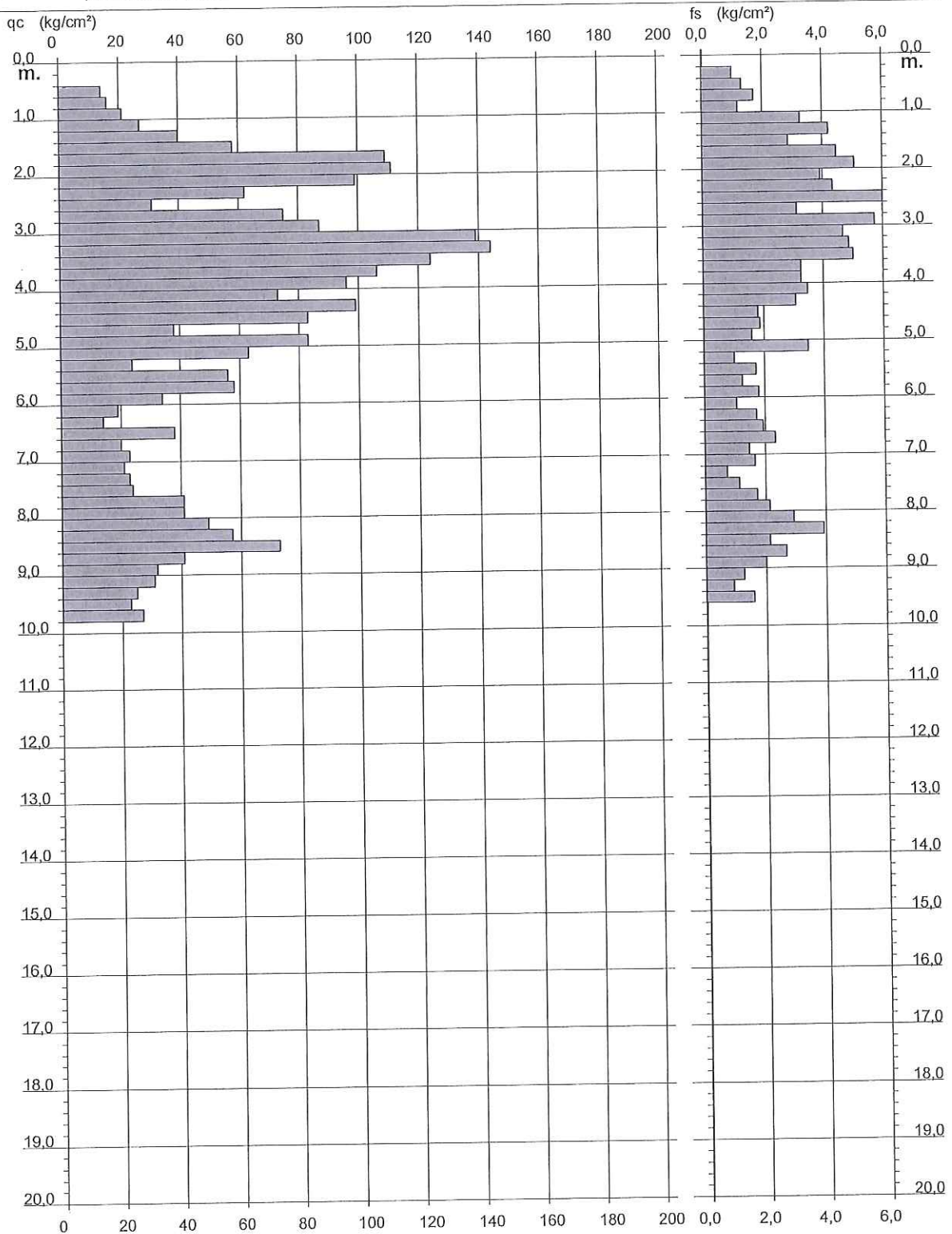
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
 - lavoro :
 - località : loc. Val di Cava
 - note : piezometro installato 6.0 m

- data : 15/07/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 100



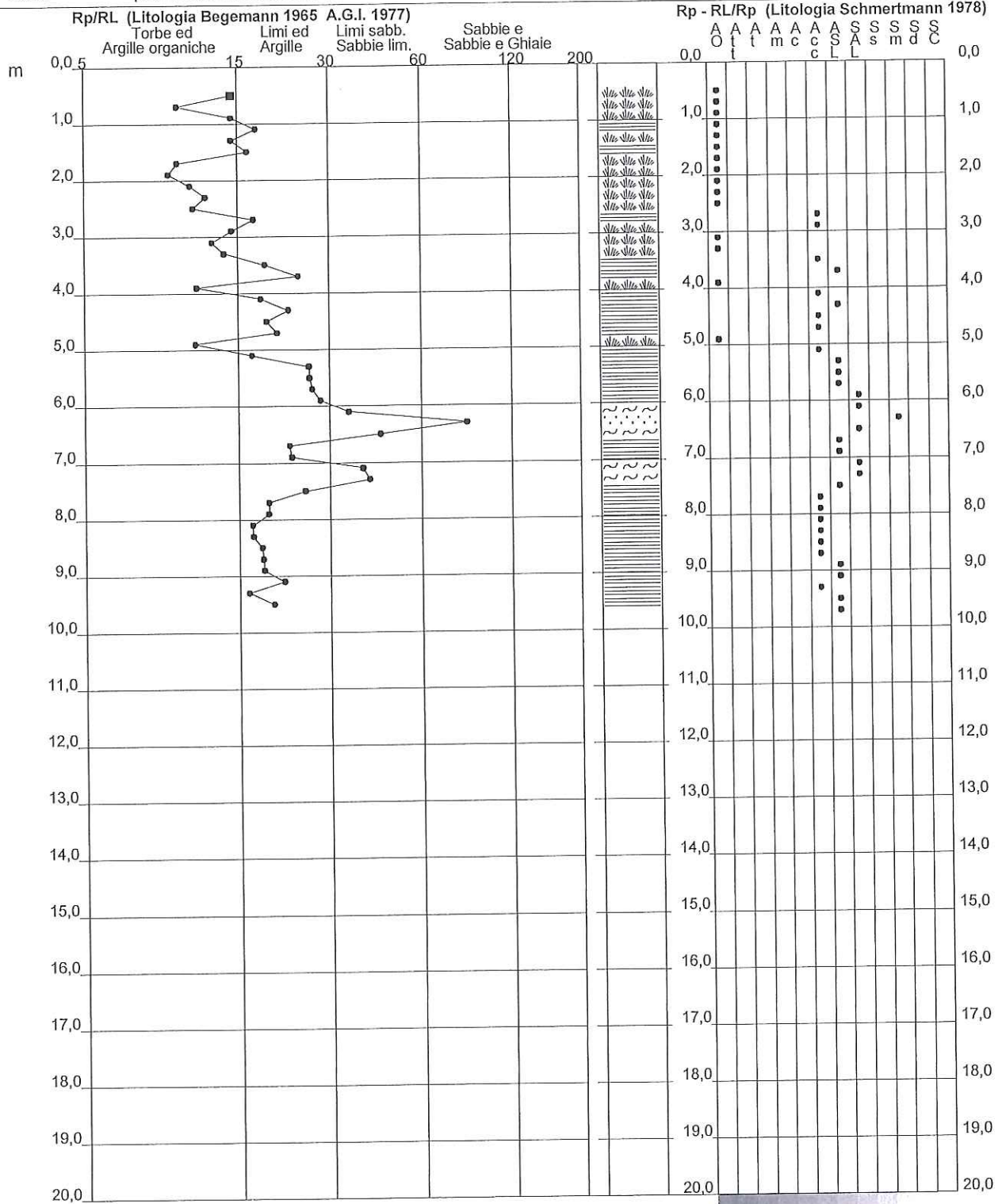
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
 - lavoro :
 - località : loc. Val di Cava
 - note : piezometro installato 8.0 m

- data : 15/07/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.01PG05-077

- committente : dott. geol. GIANI Paolo
 - lavoro :
 - località : loc. Val di Cava
 - note : piezometro installato 6.0 m

- data : 15/07/2010
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 100

