

# COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO (PROVINCIA DI FERMO)

DR. FABIO DEL MORO -GEOLOGO

INDAGINE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE PER IL PIANO DI RECUPERO IN VARIANTE AL PRG ai sensi dell'Art.26 della L.R.34/92 e smei, IN MERITO AL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE FORMALE E FUNZIONALE SOTTOZONA A2.1/COMPARTO EDILIZIO SUB a, SITO IN VIA A.COSTA/VIA G.BONI.

area in esame



Committente: Sig.re Patrizia e Rossana Santarelli

STUDIO DI GEOLOGIA-TECNICA APPLICATA e-mail: [geol.delmoro@gmail.com](mailto:geol.delmoro@gmail.com)



c.f. DLMFBA68P11D542P  
P.I. 01470960442



Porto Sant'Elpidio, luglio 2014

STUDIO GEOLOGICO Via Legnano, 74 63018 Porto Sant'Elpidio (AP) tel.stud. 0734/992797

Opera dell'ingegno - Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione scritta art.99 L. 633/41

"Indagine di fattibilità geologica, modellazione geotecnica e caratterizzazione sismica locale per il *Piano di Recupero in Variante al PRG ai sensi dell'Art.26 della L.R.34/'92 e smei in merito al Progetto di Riqualificazione Formale e Funzionale Sottozona A 2.1 /Comparto Sub a*, sito in via A.Costa/Via G.Boni, nel comune di Porto Sant Giorgio (FM)".

Committenti: *Sig.ri Patrizia e Rossana Santarelli*

## INDICE

1.1	PREMESSA E METODOLOGIA DI ANALISI.....	pag. 2
1.2	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE .....	pag. 4
1.3	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE E GEOMECCANICHE .....	pag. 5
1.4	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE .....	pag. 8
1.5	CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA.....	pag. 10
	1.5.1 Le condizioni del rischio sismico.....	pag. 10
1.6	VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA DELL'AREA.....	pag. 12
1.7	CONCLUSIONI.....	pag. 13

La presente relazione è composta da n° 15 pagine e dai seguenti allegati

### ALLEGATI

TAV.A	COROGRAFIA scala 1:10 000
TAV.B	COROGRAFIA satellitare
TAV.1	CARTA GEOLOGIA E GEOMORFOLOGICA
TAV.2	STRALCIO PAI
TAV.3	PLANIMETRIA GENERALE
N° 2	STRATIGRAFIE reperite
N° 3	RISULTANZE PROVE PENETROMETRICHE
TAV.4	CARTA IDROGEOLOGICA
TAV.5	CARTA LITOLOGICO-TECNICA
TAV.6	CARTA CLIVOMETRICA
TAV.7	CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE E DI MICROZONAZIONE
TAV.8	CARTA DELLA VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA
TAV.9	SEZIONE GEOLOGICA E LITOTECNICA

**APPENDICE****N.°1 RISULTANZE INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)****1.1 PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI DELL'AREA**

Su richiesta delle Sig.re *Patrizia e Rossana Santarelli* è stata espletata una indagine di fattibilità geologica, modellazione geotecnica e caratterizzazione sismica locale per il *Piano di Recupero in Variante al PRG ai sensi dell'Art.26 della L.R.34/'92 e smeì in merito al Progetto di Riqualificazione Formale e Funzionale Sottozona A 2.1 /Comparto Sub a*, sito in via A.Costa/Via G.Boni, nel comune di Porto Sant Giorgio (FM)".).

Tale indagine è stata eseguita in stretta ottemperanza con quanto previsto dal *D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)*, -Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003, D.M. 16/01/96, D.M. 11.03.88, Legge 8.08.85 n.431, Legge Regionale 8.06.87 n.26 e dalla Legge 2.02.74 n.64, Legge 1150/42, Legge Regionale 34/92, Legge Regionale 16.08.2001 n.19-adempimenti art.2, comma 3 e successive, che costituiscono la normativa tecnica esistente. In particolare, in base all'art. 13 della legge 64, la relazione di fattibilità geologica è stata svolta nel rispetto di quanto dettato dal quadro "h" del suddetto decreto ministeriale.

Essa ha lo scopo di verificare la compatibilità geologica e geomorfologica dell'area in oggetto rispetto a quanto previsto dal Piano di Riqualificazione in esame nell'area di proprietà. Viste le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, si è ritenuto utile estendere lo studio per un intorno ritenuto significativo, al fine di risalire alle caratteristiche litologiche e all'assetto geo-strutturale del territorio, unitamente all'individuazione dei processi morfogenetici che lo interessano. In particolare, l'analisi geomorfologica di dettaglio, espletata attraverso l'osservazione delle forme e gli eventuali depositi ad esse connessi, ha permesso di ricostruire il quadro morfogenetico dell'area in esame e di formulare delle ragionevoli previsioni sulle tendenze evolutive future in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche, che alla dinamica geomorfologica.

L'individuazione della locale successione dei terreni presenti è avvenuta attraverso le informazioni emerse dall'esecuzione di n°2 sondaggi geognostici realizzati dal geol. Basili e dal Geol. Sisi in lotti poco distanti (*Tombolini, Bianchi*) di cui si allegano i rispettivi log stratigrafici. Per la caratterizzazione geomeccanica dei litotipi presenti ci si è avvalsi dei dati scaturiti dall'esecuzione di n°1 prova penetrometrica super-pesante eseguita con

strumento di tipo "Pagani TG63-100 EML." e di n°2 prove penetrometriche dinamiche medio-leggere continue seguite con strumento tipo "DM 30 (60°)" unitamente alle risultanze dei numerosi studi pregressi effettuati direttamente o in collaborazione dallo scrivente nell'area (Bianchi, 2010; Tombolini 2002-2005, Coccia Creazioni Edili, Edilproject imm., Cristian Immobiliare, ecc.)

Informazioni in merito alla capacità amplificativa del segnale sismico dei terreni presenti nel sottosuolo sono state desunte dai risultati di un'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), eseguita per mezzo di n.1 acquisizione sismica passiva mediante un tromografo digitale (SR04 Geobox, SARA electronic instruments) all'interno del lotto in esame, risultati che correlati con l'indagine sismica effettuata dal Geol. Basili sempre tramite sismica passiva in un lotto poco distante (Tombolini), hanno permesso la microzonazione sismica dell'area.

Infine è stato eseguito uno studio idrogeologico dall'area eseguendo delle misure freaticometriche in corrispondenza di alcuni pozzi presenti nella zona che hanno permesso di risalire alla profondità del tetto della locale falda freatica, nonché di trarre delle considerazioni circa la vulnerabilità della falda stessa.

La metodologia adottata può essere così schematizzata:

- studio dati esistenti e reperimento sondaggi e prove geotecniche eseguite nell'area;
- rilevamento geologico di campagna;
- rilevamento geomorfologico di campagna;
- esecuzione n° 1 acquisizione di sismica passiva elaborate mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR;
- valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni;
- valutazione delle caratteristiche litologico-tecniche dei litotipi;
- valutazione delle caratteristiche sismiche;
- valutazione della vocazionalità edificatoria;
- stesura della presente relazione generale esplicativa;

La base cartografica utilizzata per le indagini e la stesura degli elaborati è la ortofotocarta 1:5.000 del territorio comunale di Porto San Giorgio e le tavole del progetto contenenti il rilievo topografico di dettaglio redatte dal progettista incaricato. Lo studio è stato svolto in osservanza della seguente normativa:

- L. n.64/74 "Legge Sismica Nazionale"
- L.R. n.33 del 3 Novembre 1984 "Legge Sismica Regionale"

- D.M. Marzo 1988 “*Norme per lo studio delle terre e delle rocce*”
- Circolare Regionale Marche n.14 del 28 Agosto 1990
- Regolamento Edilizio Tipo (RET)
- L.R. n.26 del 8 Giugno 1987 “*Piano Paesistico Ambientale Regionale e relative norme tecniche di attuazione e circolari esplicative*”:
- L.R. n.34 del 5 Agosto 1992 “*Norme in materia di urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio*”.
- “*Piano Territoriale di Coordinamento (PTC)*”.
- L. 183/89 , L. 365/00, L.R. 13/99 “*Piano stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI)*”
- 2- D.M. 16/01/96 “*Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche*”
- Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*”
- 3 -D.M. 14 gennaio 2008 (*Norme Tecniche per le Costruzioni*),
- 4- L.R. 22 del 23 Novembre 2011 “*norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico*”.

## 1.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

L'area in esame (*vedi Corografia Tav.1*) è posta all'interno del quartiere Sud dell'aggregato urbano di Porto San Giorgio, ad una distanza di circa 600 metri in direzione Nord-Ovest dalla piazza cittadina.

Morfologicamente il lotto in esame ricade sul bordo occidentale dell'odierna cmosa costiera, la quale presenta un'ampiezza di circa 500 metri e viene delimitata a monte dal fianco orientale di una struttura collinare costiera che presenta una pendenza media 9-10°, declivio questo piuttosto antropizzato tramite frequenti terrazzamenti.

In particolare, il lotto oggetto di studio, ubicato ad una quota topografica di 2.0 mt s.l.m., risulta completamente incasato e presenta, così come l'intera area in cui ricade, una morfologia sub-pianeggiante e quindi una pendenza compresa tra 0-2% (*vedi carta clivometrica*). Lo stesso viene delimitato ad Ovest dalla Strada Statale Adriatica n°16 (via A.Costa), a Sud da Via G.Boni, ad Est da un fabbricato esistente posto in aderenza, mentre a Nord confina con un lotto di altra proprietà (Villa Salvadori).

Pertanto dal punto di vista topografico il lotto in oggetto così come l'intera area circostante possono essere classificati secondo il *D.M. 11 Gennaio 2008*,

come **Categoria T1** (*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media < 15°*)

La proprietà in oggetto allo stato attuale, risulta stabile dal punto di vista morfologico e non si evidenziano per l'intera area rischi di alluvionamento nel caso di precipitazioni meteoriche particolarmente intense o di mareggiate; in quanto la notevole distanza dal mare impediscono il verificarsi di tale fenomeno.

A conferma di ciò, è stato redatto recentemente da parte della regione Marche uno studio specifico denominato *Piano per l'assetto idrogeologico* (PAI), richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, in merito all'individuazione delle aree a maggior rischio idrogeologico relative ai bacini idrografici regionali, in cui si evince, come **la zona in esame non risulta attualmente compresa tra le aree a rischio di esondazione e aree a rischio frana ( vedi Tavola RI 60 a PAI).**

### 1.3 CARATTERISTICHE LITOTECNICHE E GEOMECCANICHE

Nella regione marchigiana è presente al di sopra di in basamento ercinico una successione sedimentaria e marina pressochè continua dal *Trias superiore* al *Neogene*; nell'area più orientale tale successione è riciperta in discordanza ancora da sedimenti marini, depositatisi tra il *Pliocene medio* e il *Pleistocene inferiore*. Tali successioni, che corrispondono a due distinti cicli sedimentari, si sono sviluppate su un elemento di crosta continentale in continua evoluzione dal *Trias* al *Pleistocene* e la tettonica sinsedimentaria ha condizionato in maniera determinante gli ambienti di sedimentazione.

In particolare l'area oggetto di studio risulta ubicata nel settore Sud-orientale del *Bacino Marchigiano Esterno*, il quale risulta colmato da sedimenti terrigeni del ciclo marino plio-pleistocenico. Tali sedimenti nella parte più occidentale risultano trasgressivi e discordanti sui depositi torbiditici della *Formazione della Laga*, mentre nella parte più orientale del bacino, invece, poggiano in discordanza sui depositi del *Pleistocene inferiore*. In generale la sequenza plio-pleistocenica inizia con depositi trasgressivi cui segue una potente successione argillosa, nella quale sono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi e/o orizzonti clastici a granulometria grossolana e fine. La sequenza si chiude con sabbie e conglomerati in facies da litorale a continentale.

I sondaggi reperiti, le risultanze delle prove penetrometriche (DPSH, DM)

ubiccate a pochi metri di distanza dall'area in esame, tutti posizionati come da planimetria di TAV.2, unitamente ai numerosi studi geologici effettuati nell'area dallo scrivente, hanno permesso sia l'individuazione che la caratterizzazione dei litotipi presenti, oltre alla ricostruzione della loro sequenza stratigrafica locale.

Da ciò è emersa la presenza, al di sotto di un limitato spessore di terreno di riporto e/o vegetale, di terreni sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi di *genesì litoranea o di transizione*, depositati durante le varie fasi di accrezione costiera che si sono succedute in passato. Alla base dei termini continentali suddetti si rinvengono sedimenti pelitici di ambiente batiale, ascrivibili alla sequenza marina pleistocenica.

Nell'area in esame è stata operata una suddivisione tra i vari litotipi presenti nell'immediato sottosuolo, da cui è nata la carta litologico-tecnica, allegata in appendice (vedi Tav.5). La classificazione è stata eseguita seguendo lo schema indicato dalla Circolare n°14 del 28 agosto 1990 e riportato sul Bollettino Ufficiale della Regione Marche, anno XXI - n°120, del 24 settembre 1990.

In tale elaborato (Carta Litotecnica) sono state evidenziate le unità litotecniche della "copertura", sulla base della campagna geognostica effettuata attraverso l'esecuzione di sondaggi meccanici e prove penetrometriche, unitamente al reperimento di studi pregressi. Ciò ha permesso di risalire alle caratteristiche granulometriche dei litotipi presenti e alle proprietà tecniche delle singole unità stratigrafiche. In particolare, rispetto a quanto indicato nella "guida schematica" riportata nella Circolare della Regione Marche n°14, per la "copertura" è stata effettuata un'ulteriore suddivisione in relazione alla granulometria e al comportamento reologico "coerente" e/o "granulare" dei singoli depositi alluvionali. Dalla carta litotecnica si evince come nell'area di intervento è presente una unica unità continentale appartenente alla "copertura" di genesì litoranea composta da "sedimenti a grana medio-fine" (E1 sabbie sciolte, E1/c- sabbie sciolte inglobanti frammenti arrotondati) dal comportamento di tipo granulare. Al di sotto dell'unità suddetta è posto il substrato argilloso (Unità pelitica pliocenica -F1) il cui tetto è rinvenibile ad una profondità stimabile di 8-9 metri dall'attuale piano campagna..

La locale successione delle singole unità litologico-tecniche, può essere quindi così schematizzata:

- UNITA' LITOLOGICO-TECNICHE DELLA "COPERTURA"

Le unità litotecniche della copertura fanno parte delle seguenti unità lito-stratigrafiche:

*-depositi costieri /transizione*

***Materiali sciolti ed incoerenti***

**-Sedimenti a grana medio-fine**

**-E1:** (*sabbie*) orizzonte riscontrabile appena al di sotto del terreno di riporto (massicciata) composto quasi esclusivamente da sabbia medio-grossolana immersa in una lieve matrice limosa. Litotipo mediamente addensato di limitato spessore (0.40 cm), dalle medio-basse qualità geomeccaniche.

**E1/c:** (*sabbie e ghiaie*) deposito completamente sciolto ed incoerente composto prevalentemente da sabbia medio-grossolana inglobante ghiaietto dalla forma arrotondata di natura esclusivamente calcarea di medio-piccole dimensioni, rinvenuto a partire dalla profondità di 1.20 mt dal piano campagna. Buone le caratteristiche geotecniche complessive del litotipo che, riscontrato per lo più al di sotto dell'attuale superficie piezometrica, risulta piuttosto addensato e quindi poco compressibile.

***-PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITA' LITO-TECNICHE***

Alcune caratteristiche geotecniche dei terreni che costituiscono le singole unità-litotecniche individuate e descritte in precedenza, riscontrate mediante le prove penetrometriche dinamiche (DPSH e DM) sono stati ottenuti dalla elaborazione e correlazione dei dati sperimentali secondo le interpretazioni di Sanglerat, Terzaghi, D'Appollonia ed altri recenti autori.

Da quanto suddetto le caratteristiche geomeccaniche di ogni singola unità litotecnica, possono essere così riassunte:

Parametri	Unità di Misura	Unità "copertura"	Unità "copertura"
		<b>"E1"</b>	<b>"E1/c"</b>
		Sabbie	Sabbie e ghiaie
$\gamma$	(g/cmc)	1.85	1.85
$\gamma_{\text{sat}}$	(g/cmc)	2.00	2.00
Cu	(kg/cm <sup>q</sup> )	-	-
C'	(Kg/cm <sup>q</sup> )	-	-
$\phi'$	(gradi)	32-33°	34 > 36°
Ed	(Kg/cm <sup>q</sup> )	-	-
Es	(Kg/cm <sup>q</sup> )	300-350	> 350

La simbologia usata è la seguente:

- $\gamma$  = peso di volume del terreno;  
 $\gamma_{\text{sat}}$  = peso di volume del terreno saturo;  
Cu = coesione non drenata;  
C' = coesione drenata;  
 $\phi'$  = angolo di attrito drenato;  
Ed = modulo edometrico;  
Es = modulo di elasticità;

#### 1.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Lo studio della locale falda si è basato principalmente sulle misurazioni dei livelli piezometrici e/o manifestazione idriche registrati nel corso dei sondaggi e delle prove effettuate, nonché sulle informazioni reperite derivanti da studi a grande scala esistenti (PTG, ecc.), le quali hanno permesso una ricostruzione puntuale del tetto del locale acquifero.

La carta delle piezometriche (*vedi Carta idrogeologica -Tav.4*) che ne è emersa ha consentito la ricostruzione ed interpretazione della morfologia piezometrica, e quindi l'individuazione della direzione verso cui le acque sotterranee tendono a defluire preferenzialmente ("zona di deflusso"), nonché il locale gradiente idraulico dell'acquifero.

Da ciò si evince come nell'area è presente un acquifero costiero piuttosto superficiale intestato all'interno dei sedimenti sciolti sabbioso-ghiaiosi, che viene delimitato inferiormente dalle argille plio-pleistoceniche che rappresentano il locale "acquiclude" il cui tetto è posto ad una profondità stimabile di circa 8-9 mt. (S1/e).

In particolare dallo studio è emerso che in corrispondenza del lotto in esame il tetto dell'acquifero è ubicato, rispetto all'attuale piano campagna, ad una profondità di 1.3 mt, ovvero ad una quota assoluta rispetto al livello medio del mare di 0.4 mt.. Dalla ricostruzione del quadro idrogeologico dell'area avvenuta per mezzo dei livelli piezometrici registrati nel corso delle diverse prove penetrometriche effettuate si evince come le curve isofreatiche rappresentanti il tetto dell'acquifero tendono a disporsi parallelamente alla linea di costa e quindi l'andamento generale di flusso è diretto principalmente secondo la direzione Est. Il gradiente idraulico medio della falda nell'area in esame può essere valutato intorno a  $1.3 \times 10^{-4}$ .

Verosimilmente la principale fonte di ricarica dell'acquifero in esame rinvenuto nell'area è dovuta verosimilmente all'infiltrazione delle acque correnti superficiali, anche se non sono da escludere fenomeni di infiltrazione dell'acqua salata marina all'interno dell'acquifero in seguito a processi naturali (abbassamento della falda durante i periodi di scarsa precipitazione meteorica, mareggiate particolarmente intense, ecc.) e/o antropici (abbassamento della superficie freatica in seguito allo sfruttamento della falda).

Dagli studi effettuati nell'area è emerso che la falda sembra risentire delle precipitazioni con un ritardo di circa 15 giorni, un mese che quindi i minimi valori freaticometrici si registrano nei mesi autunnali, i massimi invece in quelli primaverili.

Vista l'elevata permeabilità dei terreni costieri e/o di transizione all'interno dei quali è intestato l'acquifero (sabbie e ghiaie), considerato il discreto spessore dello stesso (7-8 mt.) e quindi la buona trasmissività della falda ( $T=kh$ ), la produttività della stessa risulta buona, mentre estremamente elevato può essere ritenuto il suo grado di vulnerabilità, vista la scarsa copertura superficiale della stessa.

## 1.5 SISMICITA' DELL'AREA

La normativa sismica italiana, anche alla luce degli ultimi terremoti, ha subito una notevole evoluzione, in particolare l'area in oggetto appartiene secondo la classificazione vigente, alla seconda categoria di rischio a cui corrisponde un grado di sismicità uguale a 9, classificazione che rimane invariata anche secondo le proposte di riclassificazione successive (1998, 2003). Localmente la Regione Marche in attuazione delle leggi nazionali ha prodotto nuove norme tendenti alla riduzione del rischio sismico.

La Regione Marche in adempimento da quanto stabilito negli artt.10 ed 11 della L.R. 33/84 ha emanato due circolari nell'Agosto del 1990, la n.14 e la n.15, la prima con maggiori riferimenti al PPAR mentre la seconda più strettamente sismica.

In particolare nella circolare 15/90 vengono classificati e raggruppati i comuni marchigiani in tre livelli di rischio sismico e rispettivamente, alto, medio e basso. Il territorio comunale di Porto Sant'Elpidio all'interno del quale ricade l'area in oggetto è inserito fra quelli a **rischio sismico basso (livello C)**.

In tale circolare vengono altresì definiti i livelli di pericolosità sismica di base dai quali partire per poter individuare, a livello di strumento urbanistico, aree nelle quali gli effetti attesi possono discostarsi da quelli individuati nella circolare stessa.

Unitamente a ciò è stato effettuato uno studio di microzonazione sismica attraverso la realizzazione di un'indagine geofisica eseguita per mezzo dell'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola di microtremore ambientale mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Nakamura), denominata Ps1 ubicata come da planimetria allegata, al fine di valutare qualitativamente la capacità di amplificazione delle onde sismiche del sottosuolo., nonché di determinare la frequenza/e fondamentale/i di vibrazione del sottosuolo del sito in esame.

### 1.5a Le condizioni del rischio sismico

Diverse sono le definizioni del rischio sismico a seconda del tipo di approccio, ma tutte sono in relazione alla definizione dei possibili effetti di un terremoto. Le indagini richieste dalla L. 33/84, sono finalizzate alla valutazione del rischio sismico alla scala delle scelte generali del piano urbanistico, che incidono su tutto l'assetto urbano.

Con il termine rischio sismico s'intende una misura del danno che può essere prodotto da un terremoto preso come riferimento. I danni attesi conseguenti al terremoto non sono una semplice somma dei danni di ciascun fabbricato, ma è necessario considerare anche il danno al sistema infrastrutturale, i morti, i feriti e la improvvisa perdita di produttività, ed i disagi che ne derivano.

A determinare il rischio sismico concorrono, in misura diversa, alcuni fattori quali:

-la *pericolosità sismica*, cioè le caratteristiche del terremoto atteso nella località e la sua probabilità di ricorrenza.

- la *risposta sismica locale*, ovvero le diversificazioni del terremoto atteso in relazione a condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali, valutabili a scala di dettaglio.

-la *vulnerabilità*, ovvero la predisposizione dei manufatti esistenti e di progetto a subire danni in caso di terremoto.

- *l'esposizione al terremoto*, cioè la distribuzione delle attività localizzate nel territorio urbanizzato e infrastrutturato, nonché del carico urbanistico inteso negli aspetti demografici e occupazionali, nelle specifiche articolazioni delle destinazioni d'uso, delle densità edilizie, della dotazione impiantistica e delle loro interconnessioni.

Nel nostro caso, le indagini e le valutazioni, rientrano nell'ambito delle indicazioni della circolare n.15/90 della Regione Marche e sono finalizzate al riconoscimento degli elementi e delle zone a maggior pericolosità sismica. Gli altri aspetti di *vulnerabilità* ed *esposizione* sono maggiormente ambiti di tipo urbanistico-ingegneristico e valutazioni di sintesi non ottenibili in questa sede. In applicazione alla circolare n.15/90 è necessario considerare un livello base di rischio ed i relativi danni ad esso connessi.

Il livello base di rischio sismico stabilito per l'area in questione, visto che non esistono condizioni particolari, è riferibile al *livello "C"* (rischio sismico basso), per il quale sono attese le seguenti tipologie di danno:

- limitati casi (5%) di danneggiamento strutturale;
- danneggiamento non strutturale diffuso;
- limitati casi di inagibilità;
- evacuazione limitata;
- crisi temporanea della funzionalità del sistema urbano.

Nella **Carta della pericolosità sismica locale** redatta per l'area oggetto di piano (vedi Tav.7) è stata individuata e classificata una unica zona a risposta sismica omogenea (microzonazione), con un grado di rischio sismico unitario (*medio-basso*), caratterizzata da un insieme di parametri che concorrono, in maniera diversa, a modificare le azioni sismiche previste per il livello-base

(livello C). In particolare è stato attribuito alla totalità dell'area, un **medio-basso** grado di pericolosità sismico in quanto caratterizzata da una morfologia pressoché pianeggiante, dove si rinvencono terreni sciolti ed incoerenti sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, interessati da falda acquifera superficiale, dalle qualità geomeccaniche da discrete a buone, scarsamente compressibili, nei quali, in caso di forti amplificazioni locali delle onde sismiche, allo stato attuale non è possibile escludere l'esistenza di orizzonti potenzialmente liquefacibili ovvero sedimenti con distribuzione granulometrica interna ai fusi dei terreni suscettibili di liquefazione.

Lo studio di microzonazione sismica effettuato attraverso l'acquisizione sismica passiva con la tecnica HVSR ha evidenziato, escludendo le frequenze ingegneristicamente non significative, una **frequenza caratteristica di risonanza del terreno** prossima a **2.0 Hz** a cui corrisponde un picco H/V poco superiore a 1.5 a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (ed in misura leggermente diversa quelle S) a quelle frequenze rispetto all'input su bedrock di riferimento; pertanto al fine di scongiurare fenomeni di "doppia risonanza" terreno-strutture, che potrebbero risultare estremamente pericolosi in caso di sisma, si ritiene sia indispensabile verificare che la struttura in esame presenti delle frequenze di vibrazione lontane (superiori per un fattore di moltiplicazione di almeno 1.4, o meglio, minori) da quelle tipiche del sito oggetto di studio determinate.

Considerando che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza (vedi fig.3 allegata nella relazione sismica in appendice), frequenze dell'ordine di 1.5-2.0 Hz come le frequenze di risonanza del sito rilevate sono attribuibili a fabbricati e/o strutture con un elevato sviluppo verticale (n° piani > 10 ) per cui **possono essere ritenute sufficientemente lontane dalle frequenze proprie delle strutture previste dal Piano in esame.**

## 1.6 VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA

La carta della Vocazionalità Edificatoria dell'area (vedi elaborato grafico allegato in appendice, Tav.8) redatta per l'intera area in esame, estesa in un intorno significativo, rappresenta a tutti gli effetti il documento di sintesi dello studio eseguito, in quanto riassume le informazioni sulle caratteristiche litologico-tecniche, sulla risposta sismica locale, nonché sul grado di rischio. In particolare in rapporto alle condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche dell'area, viste le qualità geomeccaniche dei terreni presenti nel

sottosuolo, considerata la morfologia del sito e le condizioni di rischio sismico sopra illustrate che caratterizza la zona è stato attribuito un grado di vocazionalità edificatoria unico per tutta la zona (*medio*). Quindi la zonazione effettuata, può essere così riassunta:

**GRADO MEDIO-ALTO:** Contraddistingue la totalità dell'area progetto che, contrassegnata da un *medio-basso grado di pericolosità sismica locale rispetto al livello-base, e dall'assenza di fenomeni di risonanza per le strutture in progetto*, presenta una morfologia pressoché pianeggiante e risulta caratterizzata da sedimenti da medio-fini a grossolani (sabbie e ghiaie) di genesi costiera e/o di transizione con presenza di falda superficiale.

Su tale area è consentita generalmente l'edificazione senza particolari prescrizioni pur nel rispetto della normativa vigente ( L.64 del 2.02.74 e D.M. 11.03.88, DM 14.01.08). La scelta della tipologia di fondazione e/o sottofondazione da adottare quindi scaturirà principalmente dall'analisi costi benefici in rapporto alla capacità portante del terreno, dei relativi cedimenti previsti in fase di progetto e delle ulteriori interazioni terreno-struttura.

## 1.7 CONCLUSIONI

Secondo quanto emerso dallo studio si evince quanto segue:

- Il lotto oggetto di intervento ricade all'interno dell'aggregato urbano di Porto San Giorgio, morfologicamente in prossimità del bordo occidentale dell'odierna cmosa costiera la quale presenta un'ampiezza di circa 500 metri. Il tratto di litorale in esame viene delimitato ad Ovest dal fianco settentrionale di una struttura collinare avente una pendenza media di 9-10°, declivio questo piuttosto antropizzato ed urbanizzato. L'area oggetto di studio risulta ubicata ad una quota topografica di 2.0 mt s.l.m., presenta, così come l'intera area in cui ricade, una superficie sub-pianeggiante e quindi una pendenza compresa tra 0-2% (vedi carta clivometrica). Il lotto risulta delimitato ad Ovest dalla Strada Statale Adriatica n°16 (via A.Costa), a Sud da Via G.Boni, ad Est da un fabbricato esistente in aderenza, mentre a Nord confina con un lotto di altra proprietà. La proprietà in oggetto allo stato attuale, risulta stabile dal punto di vista morfologico e non si evidenziano per l'intera area rischi di alluvionamento nel caso di precipitazioni meteoriche particolarmente intense o

di mareggiate; in quanto la notevole distanza dal mare impediscono il verificarsi di tale fenomeno. A conferma di ciò, è stato redatto recentemente da parte della regione Marche uno studio specifico denominato *Piano per l'assetto idrogeologico* (PAI), richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, in merito all'individuazione delle aree a maggior rischio idrogeologico relative ai bacini idrografici regionali, in cui si evince, come la zona in esame non risulta attualmente compresa tra le aree a rischio di esondazione e aree a rischio frana (vedi Tavola RI 60 a PAI).

- Dal punto di vista geologico è emersa la presenza di sedimenti da medio-fini a grossolani (sabbie e ghiaie) di genesi costiera e/o di transizione mediamente addensati dalle qualità geomeccaniche da discrete a buone. Al di sotto del materasso litoraneo si riscontrano invece i terreni della successione marina Plio-Pleistocene, costituiti da un'alternanza stratificata di argille leggermente limose e sottili livelli sabbiosi.

- Idrologicamente l'area risulta caratterizzata dalla presenza di una falda freatica costiera superficiale intestata all'interno dei sedimenti sabbioso-ghiaiosi litoranei il cui tetto risulta ubicato ad una profondità media stimabile di 1.3 mt rispetto al piano campagna ovvero ad una quota topografica assoluta di 0.4 mt slm, e viene delimitata inferiormente dal substrato marino impermeabile che funge da locale "aquiclude". Vista l'elevata permeabilità dei terreni costieri e/o di transizione all'interno dei quali è intestato l'acquifero (sabbie e ghiaie), considerato il discreto spessore dello stesso (7-8 mt.) e quindi la buona trasmissività della falda ( $T=kh$ ), la produttività della stessa risulta buona, mentre estremamente elevato può essere ritenuto il suo grado di vulnerabilità, vista la scarsa copertura superficiale della stessa.

Dal punto di vista della compatibilità idraulica (Legge Regionale n.22 del 23/11/2011), si ritiene che per il lotto in oggetto, dato che lo stesso ad oggi risulta completamente incasato, non esistono rischi, in seguito alla riqualifica urbanistica dello stesso di modifiche del regime idraulico dello stesso, in quanto non verrà modificata la permeabilità superficiale dei suoli (attualmente completamente pavimentati) se non verso una condizione di aumento delle superfici permeabili (si auspica in questo caso l'esecuzione di parcheggi permeabili) pertanto verrà attuato il principio di invarianza idraulica del lotto oggetto di variante, nel rispetto di quanto dettato dall'art. 10 LR 22/2011.

- L'area oggetto di riqualificazione urbanistica risulta caratterizzata da un medio-basso grado di pericolosità sismico locale e da un medio-alto grado di vocazionalità edificatoria. Dal punto di vista topografico all'area può essere attribuita la categoria T1 (*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media < 15°*).

- I risultati della prova sismica passiva di microtremore ambientale con la tecnica HVSR effettuata all'interno del sito ha evidenziato una frequenza caratteristica di risonanza del terreno prossima a 2.0 Hz, valore questo che può essere ritenuto sufficientemente lontano dalle possibili frequenze proprie dei fabbricati esistenti oggetto di intervento, ciò considerando che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza, per cui frequenze dell'ordine di quelle rilevate nel sito (1.5-2.0 Hz) sono attribuibili a fabbricati e/o strutture con un elevato sviluppo verticale (n° piani > 10 )

In considerazione di quanto suesposto, **si esprime parere favorevole circa la fattibilità geologica del Piano di Riqualificazione urbanistica in progetto previsto nell'area in esame.** Le attuali condizioni del sottosuolo non verranno interessate da variazioni significative e pertanto non vengono individuati particolari limiti da imporre al progetto; pertanto l'attuale e naturale stabilità dell'area è comunque garantita anche a seguito delle singole opere.

Sulla base delle risultanze dell'indagine svolta, si ritiene vi sia la possibilità di adottare una tipologia edificatoria non condizionata da particolari prescrizioni geologiche, salvo quelle legate alla scelta del piano di posa e della tipologia fondale degli edifici; ferma restando la necessità che in sede di progettazione dei singoli fabbricati vengano acquisiti ulteriori specifici dati di carattere litologico e geotecnico (per determinazione di tipologie di fondazione, carichi ammissibili, analisi ed interazioni terreno-strutture, valutazioni dei cedimenti ecc....), come previsto dal D.M. 11.03.'88, DM 14.01.'08 e successivi.

Si consiglia di realizzare quanto più possibile superfici permeabili, inoltre si dovranno evitare le infiltrazioni delle acque reflue ecc. Tali acque dovranno essere adeguatamente convogliate ed allontanate dalla zona con idonee tubazioni. Si ritiene necessario provvedere anche alla regimazione delle acque meteoriche di dilavamento, nel rispetto della norma regionale LR 22/201 (principio di invarianza idraulica). Queste operazioni sono volte alla diminuzione del rischio idrogeologico anche per le zone contermini l'area di variante urbanistica, favorendo inoltre l'integrità ambientale e preservando le eventuali risorse idriche da ogni forma di inquinamento.

Porto Sant'Elpidio, luglio 2014



# COROGRAFIA



Scala 1:10.000



AREA DI INDAGINE

# COROGRAFIA



vista satellitare



area progetto di intervento

# Stralcio Piano Assetto Idrogeologico (PAI) CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

## Tavola RI 60a

TAV. 2

SCALA 1:5.000

area in esame



### LEGENDA

Aree a rischio frana  
(Codice F-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

PLANIMETRIA GENERALE  
rapp. 1:1000

TAV. 3



**LEGENDA**

-  Ingombro area oggetto di intervento
-  Ingombro fabbricati esistenti
-  Ubicazione sondaggi reperiti
-  ubicazione prove penetr. super-pesanti
-  ubicazione prova penetr. dinamiche medio-leggere
-  ubicazione prove sismiche passive
-  quote topografiche assolute





Dr. Massimo Basili  
-geologo-

DOCUMENTAZIONE REPERITA

GEOLOGIA APPLICATA  
GEOTECNICA  
IDROGEOLOGIA

Porto Sant'Elpidio  
via Fratte, 73  
63018 (FM)  
tel.0734.992797  
Fax. 0734.998677

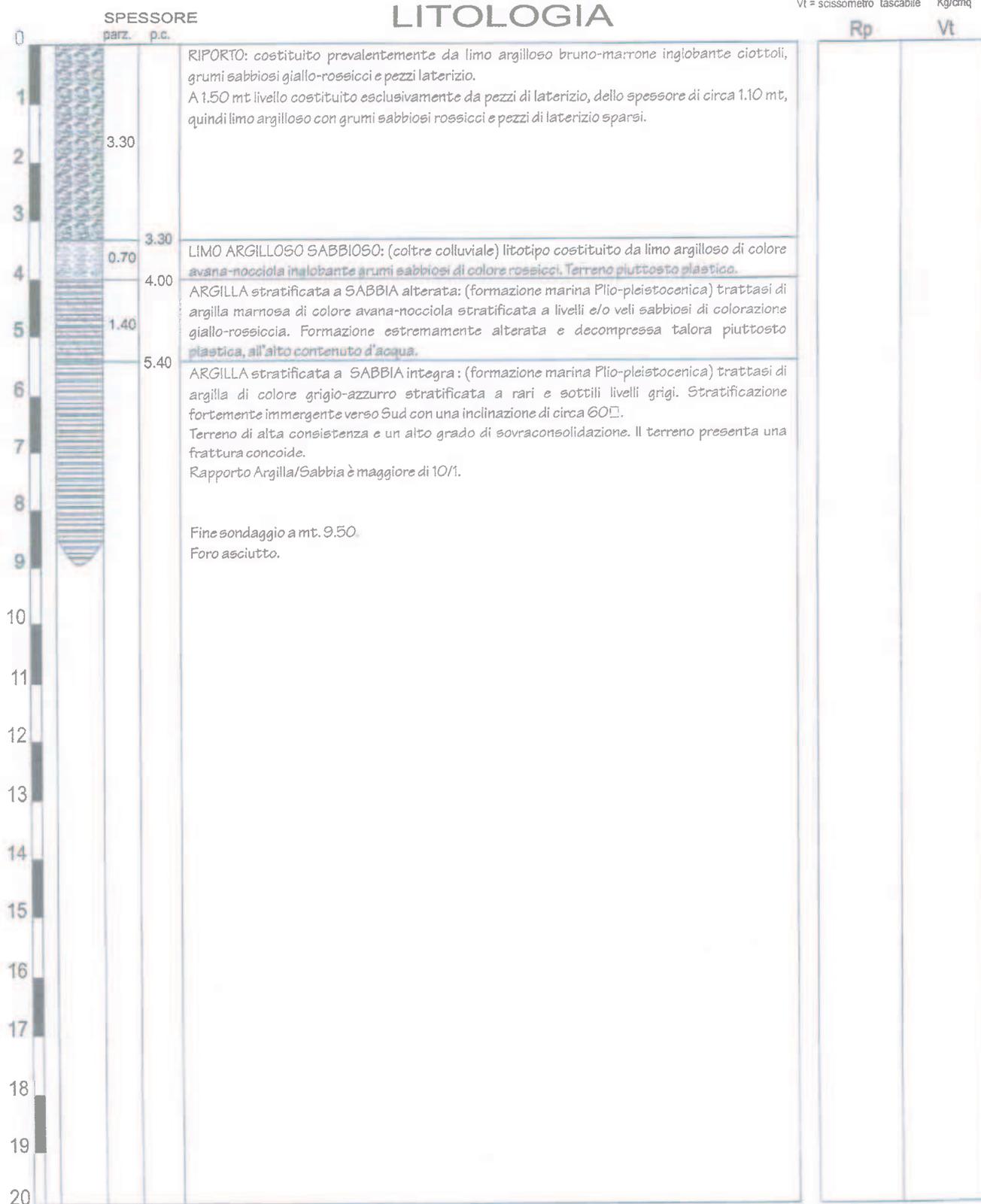
Committente: Sig.ri Franco Bernarducci e Gabriella Giovanna Brunetti

SONDAGGIO 2/b

Località: Via Mantegna Porto San Giorgio (AP)

Data 29 Ottobre 2008

Rp= penetrometro tascabile Kg/cmq  
Vt = scissometro tascabile Kg/cmq



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE DPSH

### CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTALI

Tipo:	Pagani TG 63-100 EML.C
Peso maglio:	63.5 Kg
Altezza di caduta:	75.0 cm
Peso sistema di battuta:	0.63 Kg
Diametro punta conica:	5.1 cm
Area di base punta	20.43 cmq
Lunghezza aste: 100 cm	
Peso aste:	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta:	40 cm
Avanzamento punta:	20 cm
Angolo di apertura punta:	60°

### CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) DELLE SONDE PENETROMETRICHE DINAMICHE

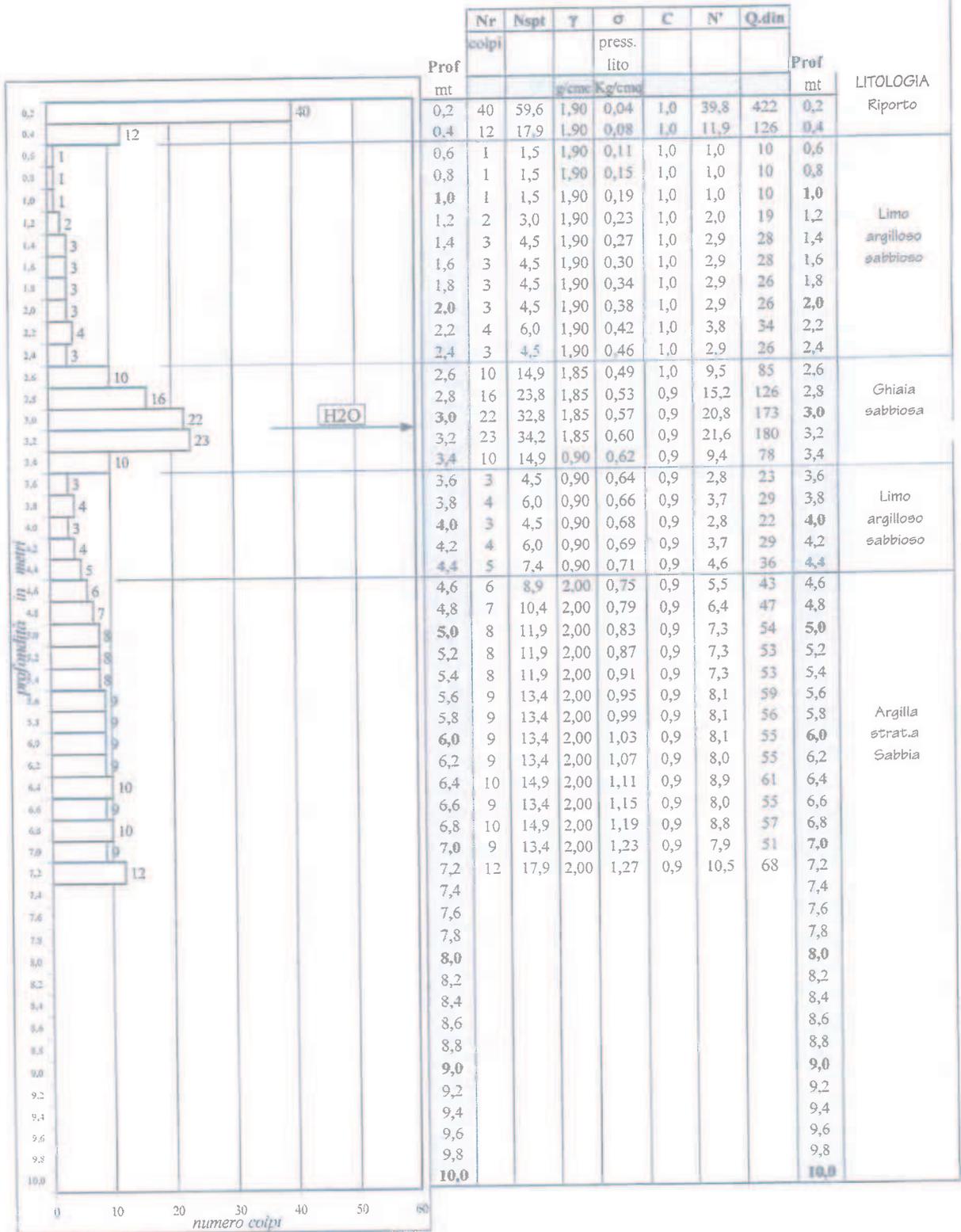
Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

### LEGENDA PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Nr	= numero colpi;
Nspt	= numero colpi SPT ( $Nr \cdot \text{coefficiente di correlazione pari a } 1.489$ );
$\gamma$	= peso di volume del terreno;
$\sigma$	= pressione verticale efficace;
C	= coefficiente di efficienza strumentale e riduzione litostatica;
N'	= numero colpi corretto ( $Nr \cdot C$ );
Q.din	= resistenza dinamica alla punta Rpd (funzione del numero di colpi N) FORMULA OLANDESE $Rpd = M^2 H / (A e (M+P)) = M^2 H N / (A \delta (M+P))$ ;
Cu	= coesione non drenata;
Ed	= modulo edometrico;
Dr	= densità relativa (Meyerhof, 1957);
$\phi$	= angolo di attrito;
Es	= modulo di elasticità;
Ris. liq.	= $a > 0.2g$ , I>VIII Mercalli (Shi-Ming, 1982)

**PROVA DPSH 1/a**

Committente: Sig. Mariano Tombolini  
 Località: Via Borgo Andrea Costa (S.S.16 Adriatica) Porto San Giorgio (FM)  
 Comune:  
 Data: 16 Maggio 2010  
 Falda  
 note: manifestazione idrica a partire da -3.00 mt p.c.



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63,5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23,43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 1/3**

Committente: Sig. Mariano Tombolini

Località: Via Borgo Andrea Costa (S.S.16 Adriatica) Porto San Giorgio (FM)

Data: 16 Maggio 2010

Falda

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof mt	
						Cu non drenat	Ed edometrico	Dr	φ attrito	Es elasticità	rischio liquefazione		
													medie
						Kg/cmq	kg/cmq	gradi	kg/cmq				
Riporto	0,2	40	422	1,90	0,04		1014					0,2	
	0,4	12	126	1,90	0,08		303					0,4	
Limo argilloso sabbioso	0,6	1	10	1,90	0,11	0,47	25					0,6	
	0,8	1	10	1,90	0,15	0,43	23					0,8	
	1,0	1	10	1,90	0,19	0,43	23					1,0	
	1,2	2	19	1,90	0,23	0,70	46					1,2	
	1,4	3	28	1,90	0,27	0,88	68	52				1,4	
	1,6	3	28	1,90	0,30	0,87	68					1,6	
	1,8	3	26	1,90	0,34	0,84	62					1,8	
	2,0	3	26	1,90	0,38	0,83	62					2,0	
	2,2	4	34	1,90	0,42	1,03	83					2,2	
2,4	3	26	1,90	0,46	0,83	62					2,4		
Ghiaia sabbiosa	2,6	10	85	1,85	0,49			72	31,2	205		2,6	
	2,8	16	126	1,85	0,53			>80	33,5	303		2,8	
	3,0	22	173	1,85	0,57			>80	35,2	415	309	3,0	
	3,2	23	180	1,85	0,60			>80	35,4	433		3,2	
	3,4	10	78	1,85	0,64			67	30,8	187		3,4	
Limo argilloso sabbioso	3,6	3	23	1,90	0,68	0,79	56					3,6	
	3,8	4	29	1,90	0,72	0,88	69					3,8	
	4,0	3	22	1,90	0,76	0,75	52	66				4,0	
	4,2	4	29	0,90	0,77	0,88	69					4,2	
	4,4	5	36	0,90	0,79	1,08	86					4,4	
Argilla strat.a Sabbia	4,6	6	43	2,00	0,83	1,29	103					4,6	
	4,8	7	47	2,00	0,87	1,40	112					4,8	
	5,0	8	53	2,00	0,91	1,59	127					5,0	
	5,2	8	53	2,00	0,95	1,59	127					5,2	
	5,4	8	53	2,00	0,99	2,11	126					5,4	
	5,6	9	59	2,00	1,03	2,36	141					5,6	
	5,8	9	55	2,00	1,07	2,21	133	131				5,8	
	6,0	9	55	2,00	1,11	2,20	132					6,0	
	6,2	9	55	2,00	1,15	2,19	131					6,2	
	6,4	10	61	2,00	1,19	2,42	145					6,4	
	6,6	9	54	2,00	1,23	2,17	130					6,6	
	6,8	10	57	2,00	1,27	2,27	136					6,8	
	7,0	9	51	2,00	1,31	2,03	122					7,0	
	7,2	12	67	2,00	1,35	2,70	162					7,2	
	7,4												7,4
	7,6												7,6
	7,8												7,8
	8,0												8,0
	8,2												8,2
	8,4												8,4
8,6												8,6	
8,8												8,8	
9,0												9,0	
9,2												9,2	
9,4												9,4	
9,6												9,6	
9,8												9,8	
10,0												10,0	

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63,5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23,43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente:

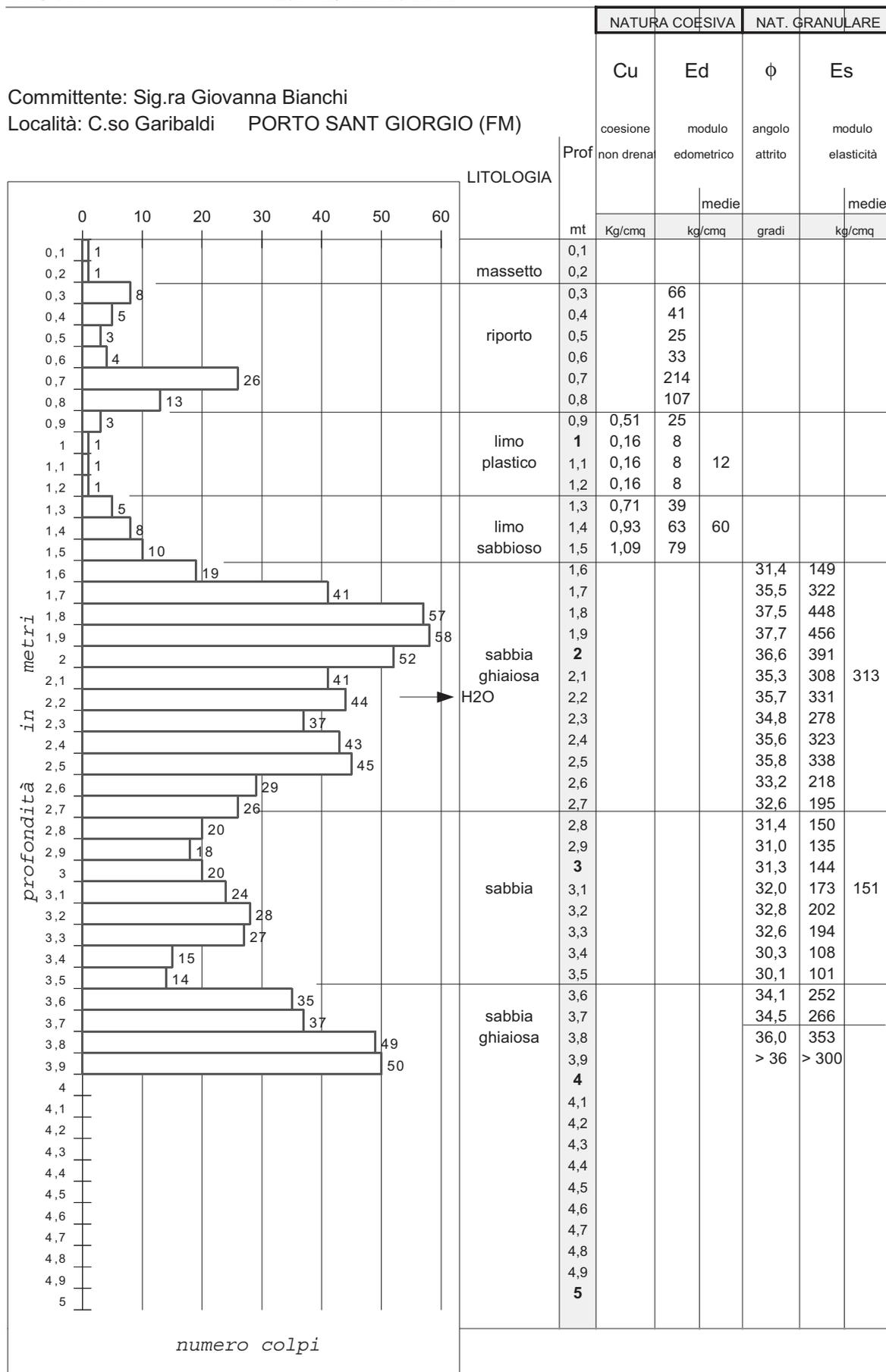
Cantiere:

Località:

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DM-30 (60°)**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	13 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,93 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Committente: Sig.ra Giovanna Bianchi  
 Località: C.so Garibaldi PORTO SANT GIORGIO (FM)



Penetrometro dinamico medio-leggero tipo "Emilia"  
 Maglio 30 Kg, Volata 20 cm. Punta conica diam 35,7 mm. (area 10 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: IMMOBILIARE GIADA DI GIOVENALI GIOVANNI & C s.a.s.  
Cantiere: VIA A. MURRI  
Località: PORTO SAN GIORGIO

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DM-30 (60°)**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	13 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,93 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... DM-30 (60°)  
 Prova eseguita in data 13/07/2010  
 Profondità prova 2,50 mt  
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	0	0,855	0,00	0,00	0,00	0,00
0,30	0	0,853	0,00	0,00	0,00	0,00
0,40	0	0,851	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0	0,849	0,00	0,00	0,00	0,00
0,60	2	0,847	6,64	7,84	0,33	0,39
0,70	2	0,845	6,62	7,84	0,33	0,39
0,80	2	0,843	6,61	7,84	0,33	0,39
0,90	8	0,842	24,80	29,47	1,24	1,47
1,00	11	0,840	34,03	40,52	1,70	2,03
1,10	9	0,838	27,78	33,16	1,39	1,66
1,20	11	0,836	33,89	40,52	1,69	2,03
1,30	21	0,735	56,83	77,36	2,84	3,87
1,40	22	0,733	59,40	81,05	2,97	4,05
1,50	19	0,781	54,68	70,00	2,73	3,50
1,60	19	0,780	54,57	70,00	2,73	3,50
1,70	21	0,728	56,32	77,36	2,82	3,87
1,80	23	0,726	61,54	84,73	3,08	4,24
1,90	25	0,725	62,97	86,89	3,15	4,34
2,00	28	0,723	70,38	97,32	3,52	4,87
2,10	40	0,622	86,42	139,02	4,32	6,95
2,20	33	0,670	76,86	114,69	3,84	5,73
2,30	45	0,619	96,75	156,40	4,84	7,82
2,40	39	0,617	83,65	135,55	4,18	6,78
2,50	50	0,616	106,99	173,78	5,35	8,69

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**

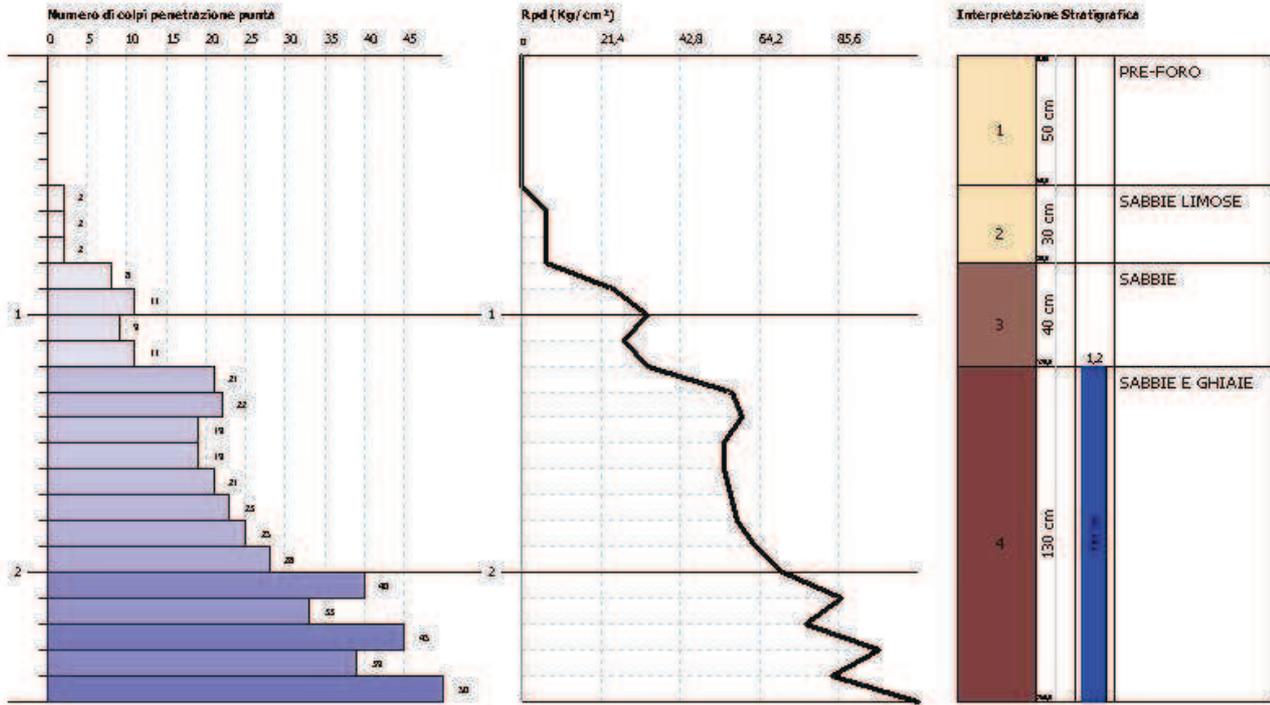
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m <sup>3</sup> )	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Elastico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - PRE-FORO	0,5	---								
[2] - SABBIE LIMOSE	0,8	1,57	Incoerente	1,38	1,87	24,58	--	---	0,35	99,33
[3] - SABBIE	1,2	7,63	Incoerente	1,64	1,90	32,75	--	---	0,34	439,02
[4] - SABBIE E GHIAIE	2,5	23,19	Incoerente	1,98	2,38	36,8	--	170,48	0,32	1039,87

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**STRUMENTO UTILIZZATO... DM-30 (60°)**

Committente: *IMMOBILIARE GIADA DI GIOVENALI GIOVANNI & C. s. a. s.*  
 Cantiere: *VIA A. MURRI*  
 Località: *PORTO SAN GIORGIO*

Data: 13/07/2010

Scala 1:30



CARTA IDROGEOLOGICA  
rapp. 1:1000

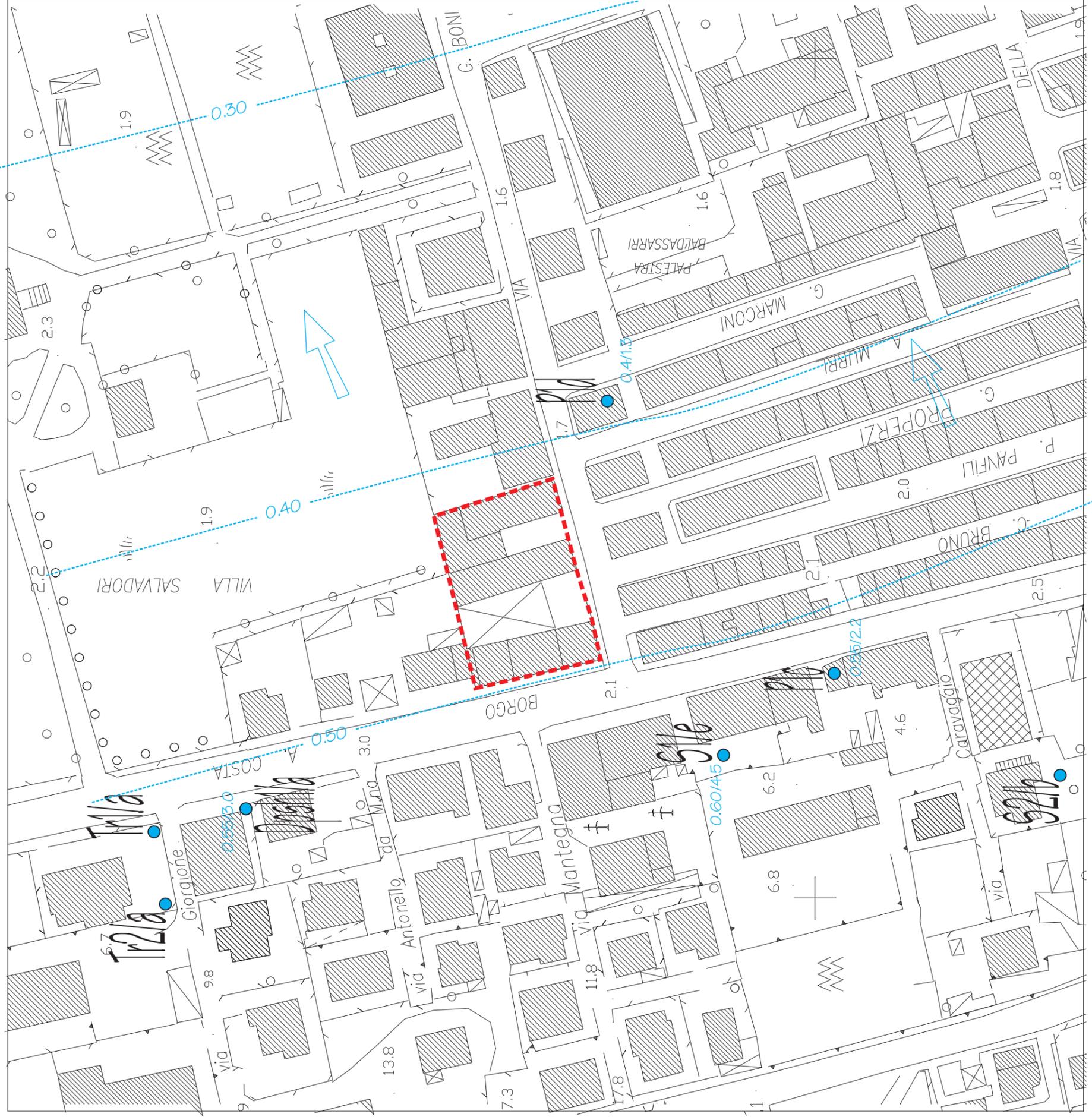


TAV. 4



**LEGENDA**

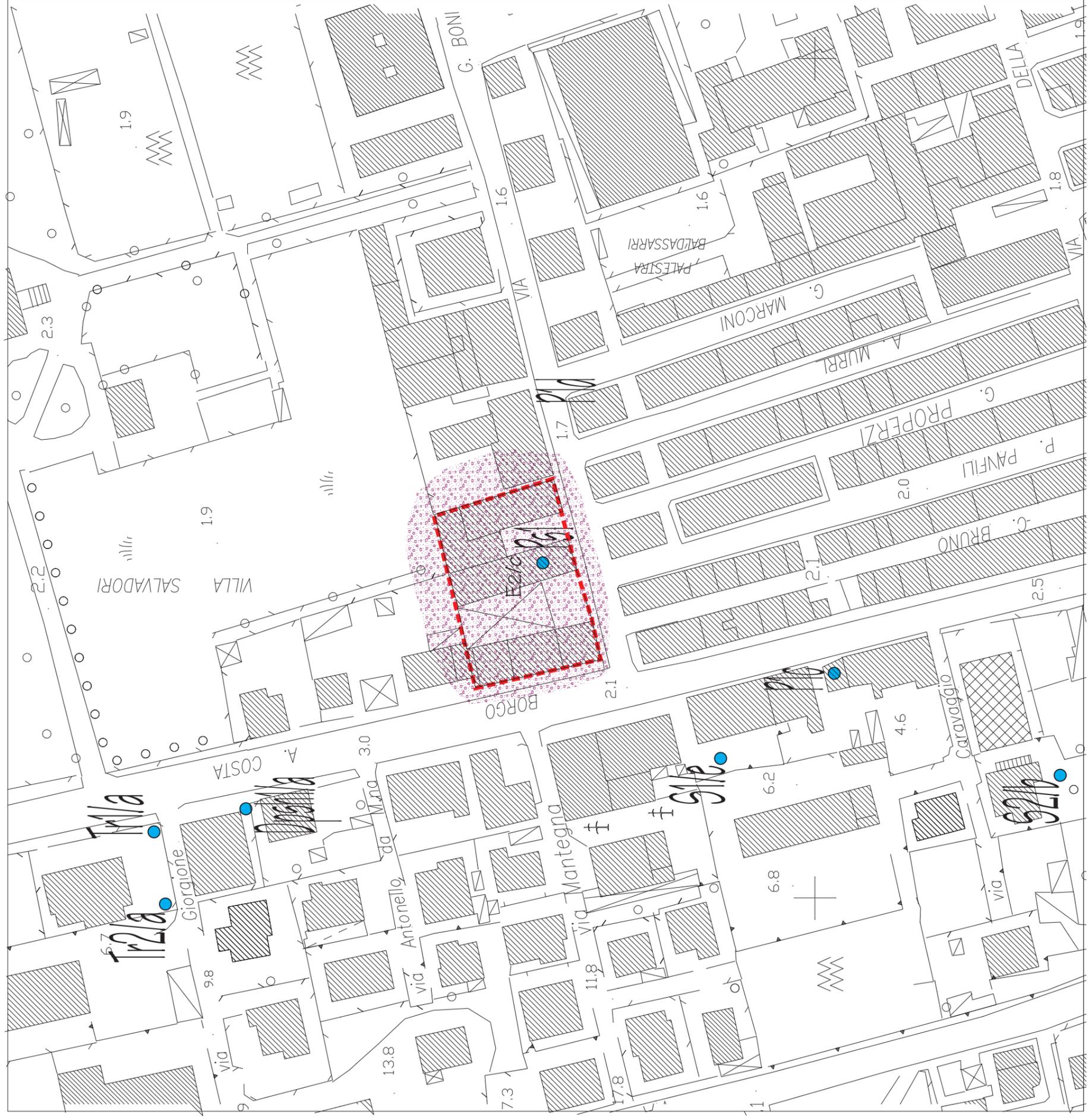
-  ingombro area oggetto di intervento
-  ingombro fabbricati esistenti
-  Ubicazione sondaggi reperiti
-  ubicazione prove penetr. super-pesanti
-  ubicazione prova penetr. dinamiche
-  livello freaticometrico assoluto/profondità falda
-  curve isopiezometriche (quote in mt. slm.)
-  asse di drenaggio preferenziale sotterraneo



CARTA LITOLOGICO-TECNICA  
rapp. 1:1000



TAV.5



**LEGENDA**

	Ingombro area oggetto di intervento
	Ingombro fabbricati esistenti
<i>SM</i>	Ubicazione sondaggi ripetuti
<i>DPSM</i>	ubicazione prove penetr. super-pesanti
<i>PM</i>	ubicazione prova penetr. dinamiche

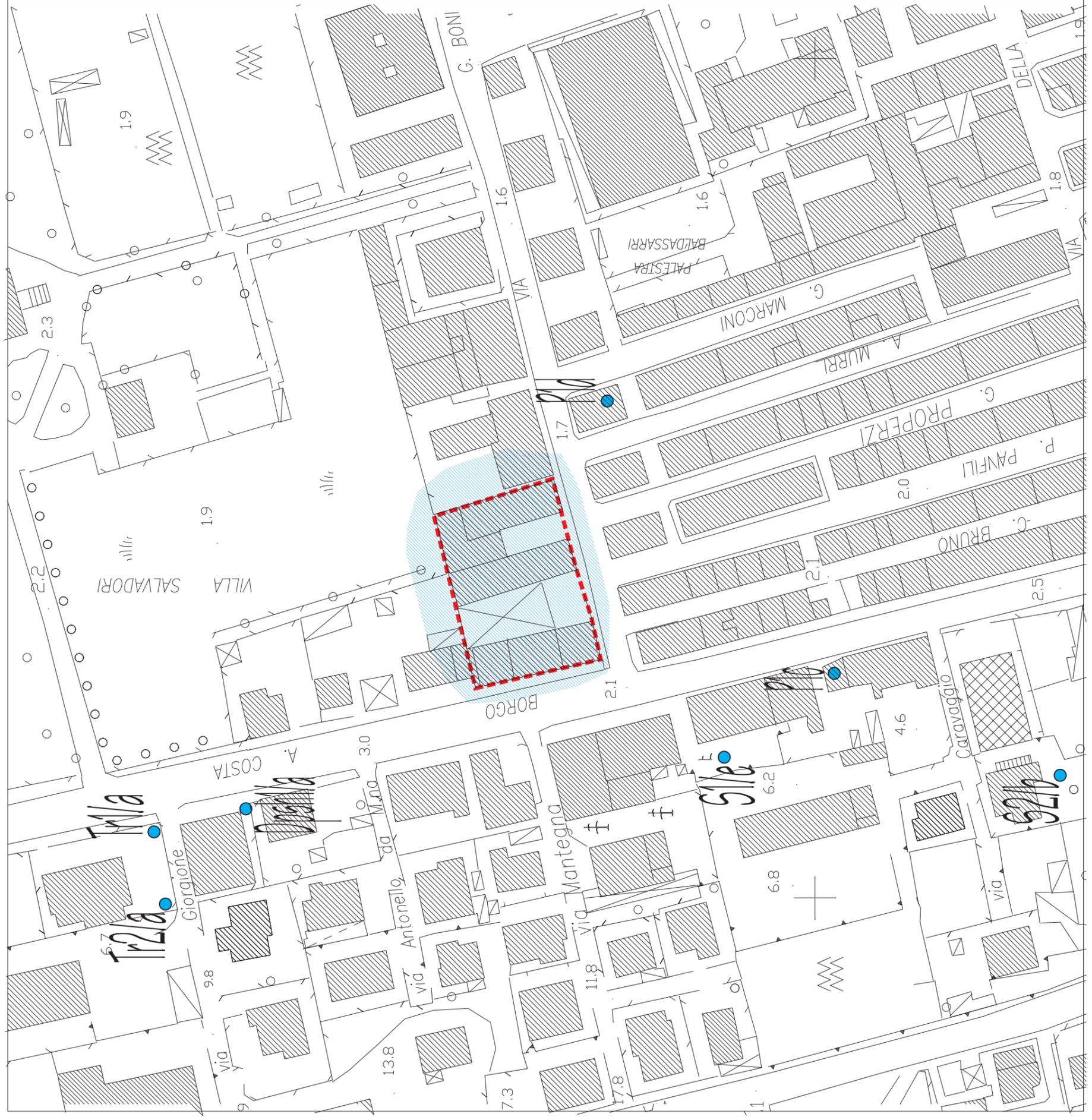
**LEGENDA**

UNITA' LITOTECNICHE	Caratteristiche granulometriche e proprietà tecniche	Caratteristiche genetiche UNITA' LITO-STRATIGRAFICHE
<b>E2/c</b>	Sabbie sciolte inglobanti frammenti arrotondati	depositi costieri

CARTA CLIVOMETRICA  
rapp. 1:1000



TAV. 6



**LEGENDA**

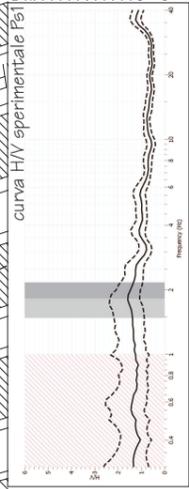
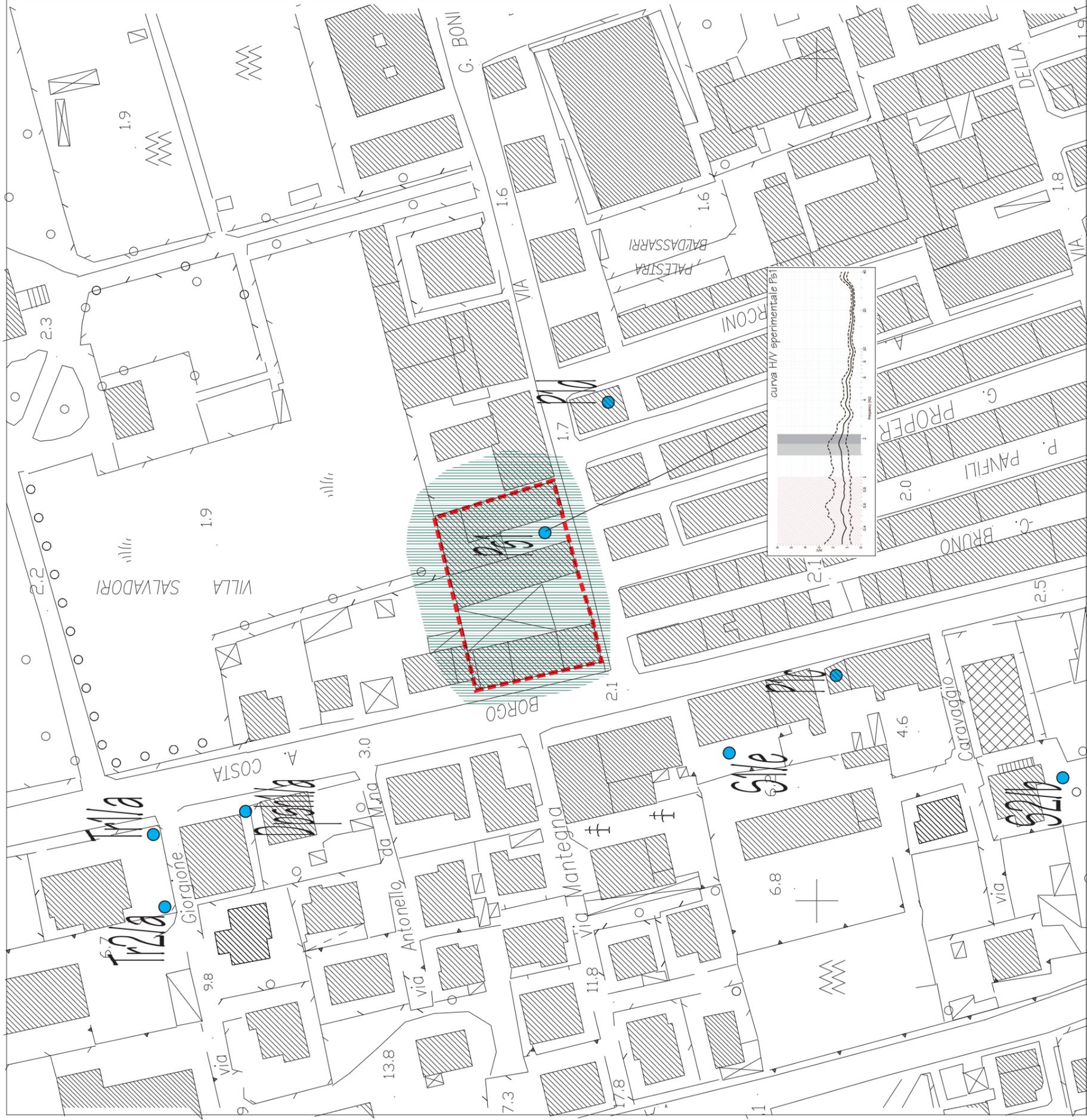
- Ingombro area oggetto di intervento
- Ingombro fabbricati esistenti
- Ubicazione sondaggi ripetiti
- ubicazione prove penetr. super-pesanti
- ubicazione prova penetr. dinamiche

**LEGENDA**

- PENDENZA
- 0-2%

# CARTA DELLE PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

TAV. 7



## LEGENDA

- Ingombro area oggetto di intervento
- Ingombro fabbricati esistenti
- Ubicazione sondaggi ripetiti
- ubicazione prove penetr. super-pesanti
- ubicazione prova penetr. dinamiche
- ubicazione prove sismiche passive

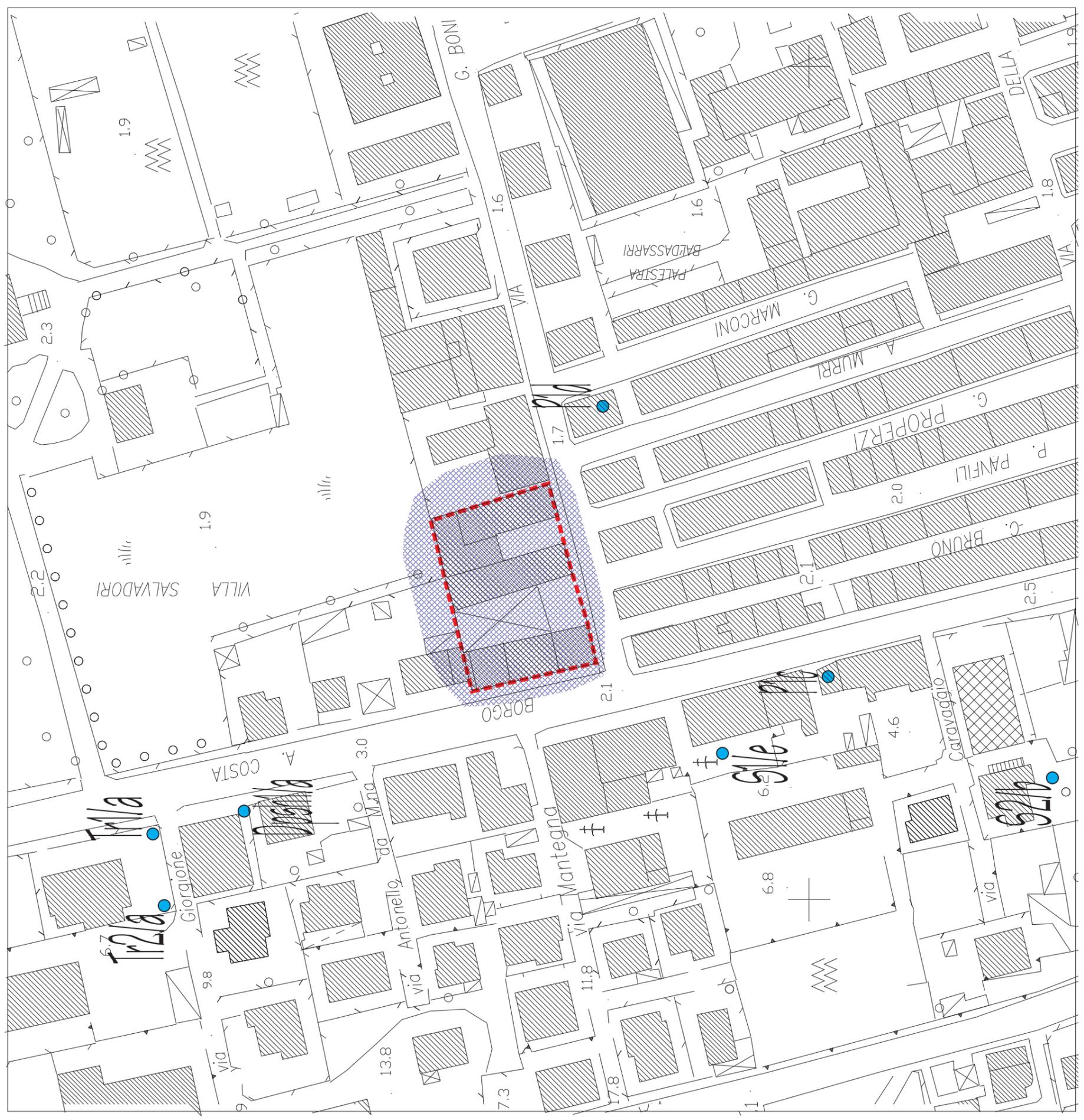
Grado di pericolosità sismica locale rispetto al livello-base (livello C)	Tipologia delle situazioni
MEDIO-BASSO	aree di fondovalle con presenza negli strati superficiali, di depositi sabbiosi sciolti, interessati da falda acquifera superficiale.

CARTA DELLA VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA

rapp. 1:1000



TAV. 8



**LEGENDA**

-  Ingombro area oggetto di intervento
-  Ingombro fabbricati esistenti
-  Ubicazione sondaggi ripetiti
-  ubicazione prove penetr. super-pesanti
-  ubicazione prova penetr. dinamiche

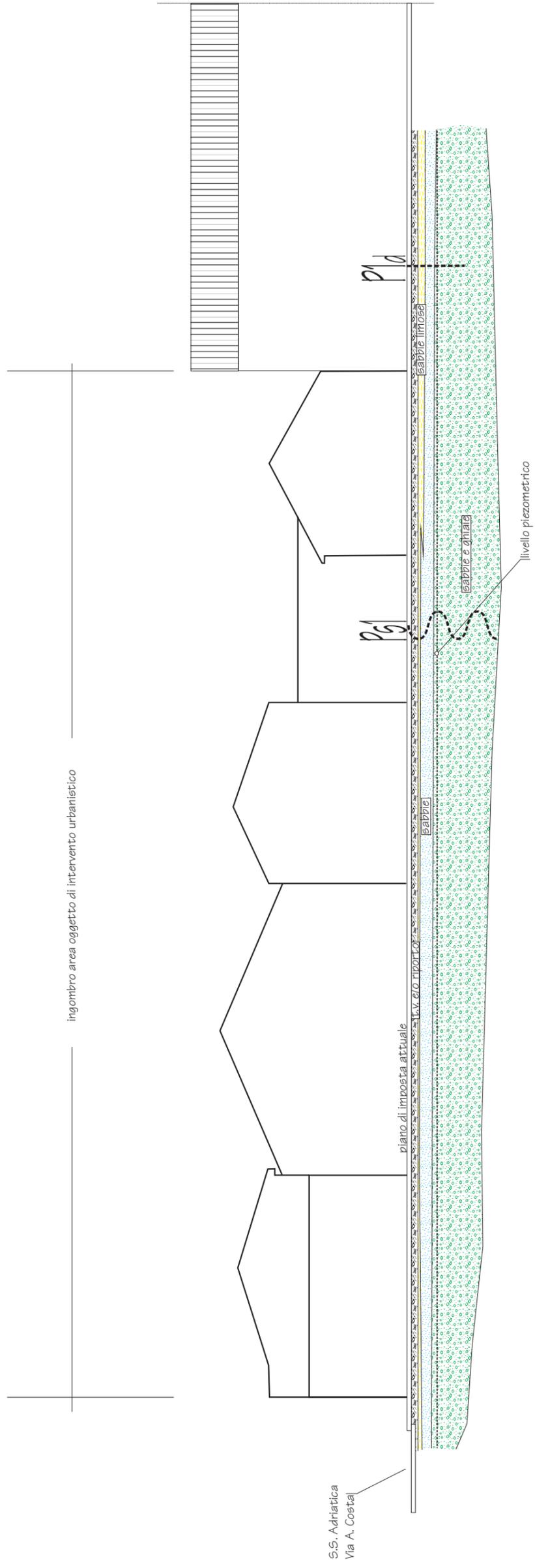
**LEGENDA**

GRADO DI VOCAZIONALITA' EDIFICATORIA

 MEDIO-ALTO

SEZIONE LITOLOGICO-TECNICA  
scala 1.200

TAV. 9



<p>Dott. Fabio Del Moro          GEOLOGO          Via Legnano, 74          63018 PORTO SANTELPIDIO (FM)          tel.0734.992797 fax.0734.998677          e-mail: geol.delmoro@virgilio.it</p>	<p>Oggetto: Indagine sismica</p> <p>Località: Porto San Giorgio</p> <p>Data esecuzione lavori: lottobre 2013</p>
	<p>Committente: <i>Sig.re Rossana e Patrizia Santarelli</i></p>

**INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA MEDIANTE  
 TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR**

Piano di Recupero in Variante al PRG ai sensi dell'Art.26 della L.R. n.34/'92 e smei,  
 in merito al progetto di Riqualficazione Formale e Funzionale Sottozona A2.1 /  
 Comparto Edilizio Sub a, sito nel comune di Porto San Giorgio (FM).

*Porto Sant'Elpidio, ottobre 2013*



## INDICE

PREMESSA	pag. 2
STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	pag. 3
TERRENI	pag. 3
Procedura di analisi dati per stazione singola H/V	pag. 3
Stazione Ps1	pag. 4
APPENDICE	pag. 11
Oggetto della misura: Il microtremore sismico ambientale	pag. 11
La tecnica impiegata: Cenni storici	pag. 11

### PREMESSA

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la ricostruzione della profondità del locale sub-strato geologico (o meglio bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica 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, nè di stendimenti di cavi, nè di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

-la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi in caso di sisma;

-la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In quanto risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

-la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$  e  $V_{s30}$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico ecc..) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la  $V_{s30}$  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 14/01/08;

-la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 mt. di

profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 mt. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

## **STRUMENTAZIONE IMPIEGATA**

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (SR04 Geobox, *SARA electronic instruments*) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, con cavo esterno di acquisizione collegato al PC, dotato di accelerometri e velocimetri da 4.5 Hz.. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 200 Hz.

Sui terreni di sedime è stata condotta, nel ottobre 2013, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata Ps1, ubicata all'interno dell'area progetto così come riportato in planimetria (vedi Planimetria Tav2, allegata).

## **TERRENI**

### **Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V**

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), secondo i seguenti parametri:

- > larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- > lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale,
- > rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (*che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato*), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (sondaggi e prove penetrometriche eseguiti in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio (Vs) del primo strato nota da altre indagini. Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti risultati:

## Stazione Ps1

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S (linea verde), E-W (linea blu) e componente verticale (linea rossa) registrati sul lotto oggetto di studio, unitamente (grafico inferiore) alla frequenza fondamentale del sito, segnata in grigio (Elaborazione con GEOPSY) .

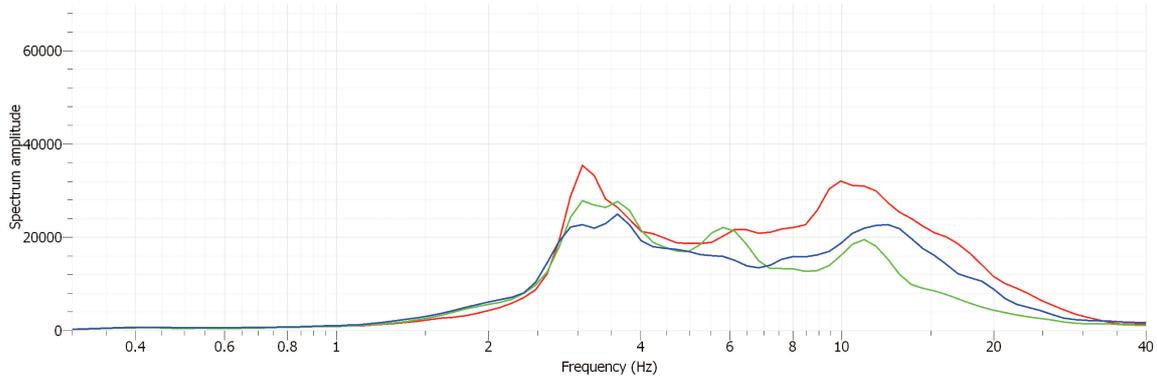


figura 1

In figura 2 (directional HVSR) sono rappresentati i valori dei rapporti spettrali in funzione della frequenza (asse x) e della direzione del moto (asse y).

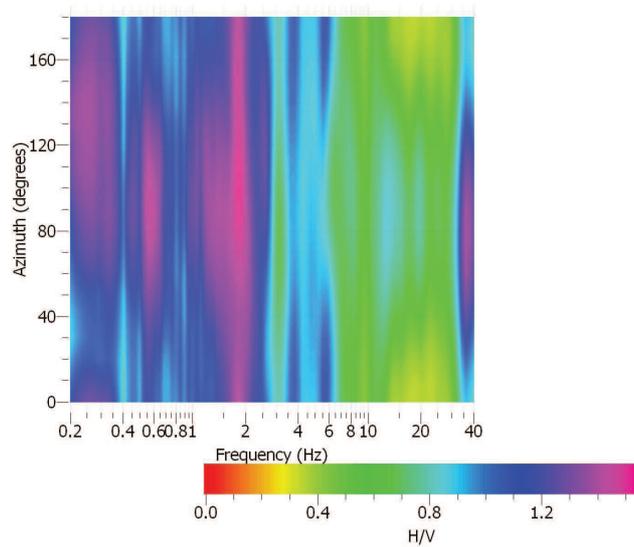


figura 2

In Figura 3 è riprodotta la curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto.

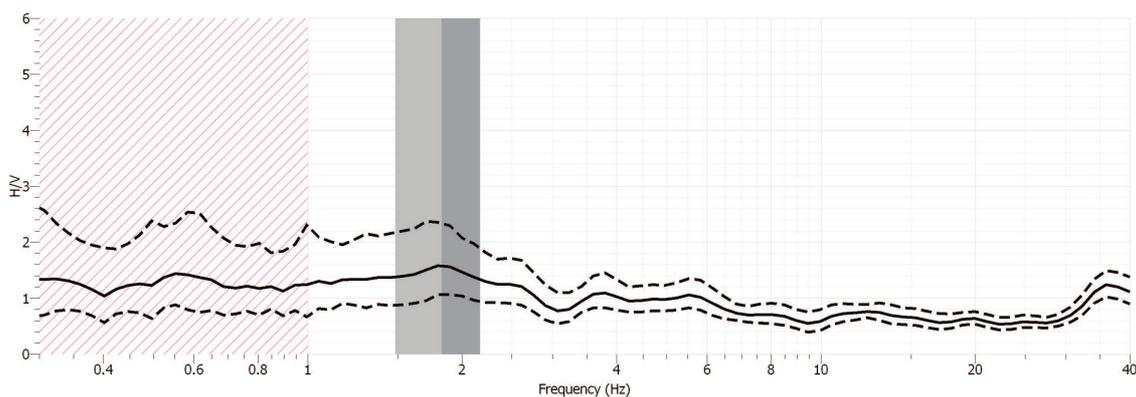


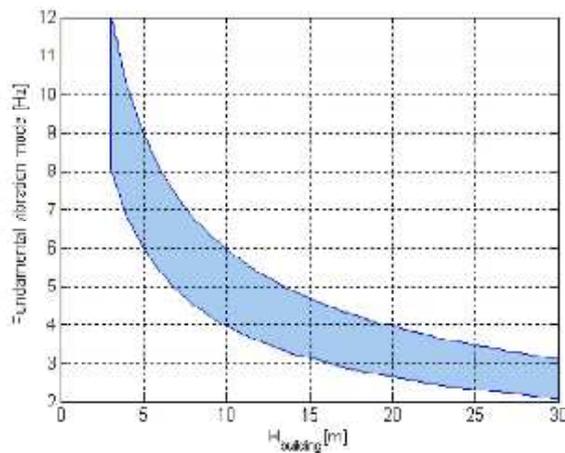
figura 3: curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media in rosso e intervallo di confidenza al 95% in nero)

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto Sesame (linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. Si osserva quindi che il picco a 1.97 Hz soddisfa gran parte dei criteri e va pertanto assunto come frequenza fondamentale di risonanza del sito.

Max. H/V at 1.97 ±0.34 Hz (in the range 0.3-40.0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSR curve (tutti e tre dovrebbero essere verificati)			
<b>f0 &gt; 10 / Lw</b>	0.63 > 0.50	OK	
<b>nc(f0) &gt; 200</b>	2488.15 > 200	OK	
<b>sA(f) &lt; 2 for 0.5f0 &lt; f &lt; 2f0 if f0 &gt; 0.5Hz</b> <b>sA(f) &lt; 3 for 0.5f0 &lt; f &lt; 2f0 if f0 &lt; 0.5Hz</b>	Exceeded 0 out of 23 times	OK	
Criteria for a cleare HVSR peak (almeno 5 su sei dovrebbero essere verificati)			
<b>Exists f- in [f0/4, f0]   AH/V(f-) &lt; A0 / 2</b>	0 Hz	NO	
<b>Exists f+ in [f0, 4f0]   A_H/V(f+) &lt; A0 / 2</b>	3.05Hz	OK	
<b>A0 &gt; 2</b>	1.6 < 2	NO	
<b>fpeak[A_H/V(f) ± sA(f)] = f0 ± 5%</b>	0.06672  > 0.05	NO	
<b>sf &lt; e(f0)</b>	0.09405 < 0.19747	OK	
<b>sA(f0) &lt; q(f0)</b>	1.35 < 2.0	OK	

Nel caso specifico dalla curva H/V sperimentale registrata nel sito, escludendo le frequenze maggiori di 15 Hz, ingegneristicamente non significative, **viene individuata una frequenza caratteristica di risonanza del terreno prossima a 2.0 Hz**, a cui corrisponde un picco H/V poco superiore a 1.5, a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (ed in misura leggermente diversa quelle S) a quella frequenza rispetto all'imput su bedrock di riferimento; pertanto al fine di scongiurare fenomeni di "doppia risonanza" terreno-strutture, che potrebbero risultare estremamente pericolosi in caso di sisma, si ritiene sia indispensabile verificare che la struttura in esame presenti delle frequenze di vibrazione lontane (superiori per un fattore di moltiplicazione di almeno 1.4, o meglio, minori) da quelle tipiche del sito oggetto di studio determinate.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza.



Porto Sant'Elpidio, ottobre 2013



## APPENDICE

### TECNICHE DI INVERSIONE PER MISURE A STAZIONE SINGOLA

#### Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 27. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

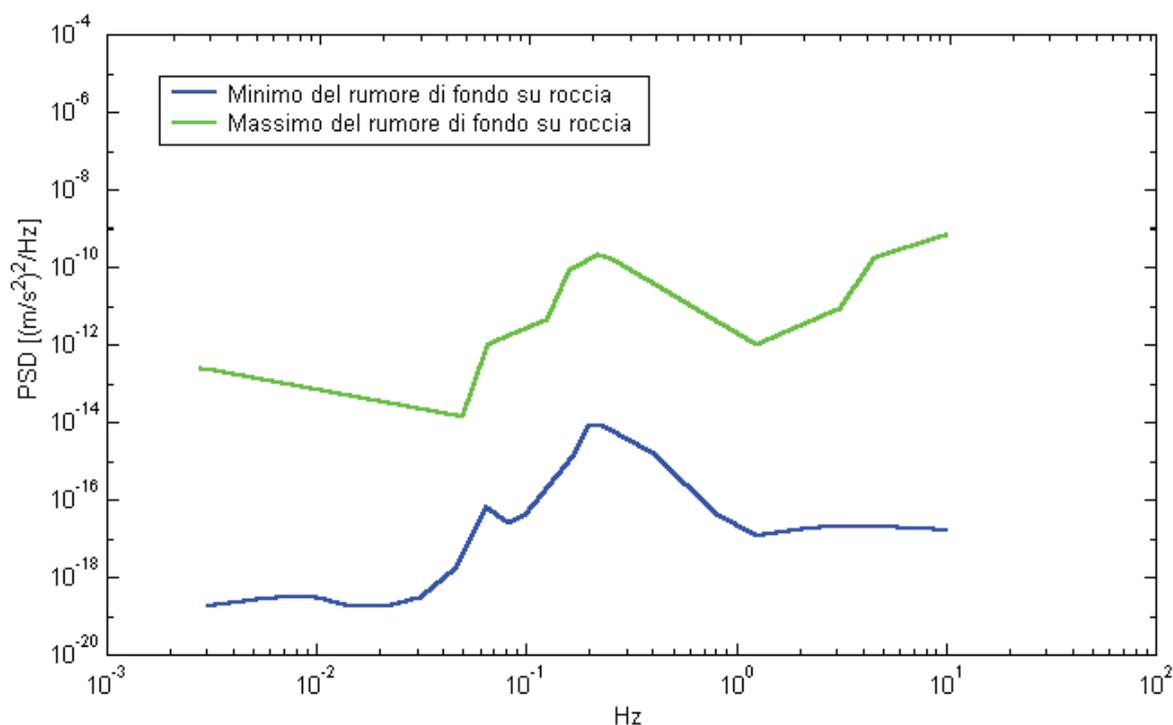


Figura 27. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

#### La tecnica impiegata. Cenni storici.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei

*rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).*

*Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.*

*Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. 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 H/V può essere usato come strumento stratigrafico.*

*Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità  $h$  della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza  $h = V / (4 f_r)$  o, al più, tramite la formula [1] in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $x$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $f_r$  la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).*

$$h = \left[ \frac{V_0(1-x)}{4f_r} + 1 \right]^{\frac{1}{x-1}} - 1 \quad [1]$$

*Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma 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]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.*

*L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di  $V_s$  è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la  $V_s$  del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2008).*