



Studio di Geologia  
Tecnica ed ambientale

Via Luigi Galvani n.19  
63822 Porto S. Giorgio FM  
Tel Fax 0734 679003  
Tel 347 8679039  
E-mail grazianociferri@alice.it  
grazianociferri@epap.sicurezza postale.it

## COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

### AMPLIAMENTO TRATTO TERMINALE VIALE DEI PINI NORD

## RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

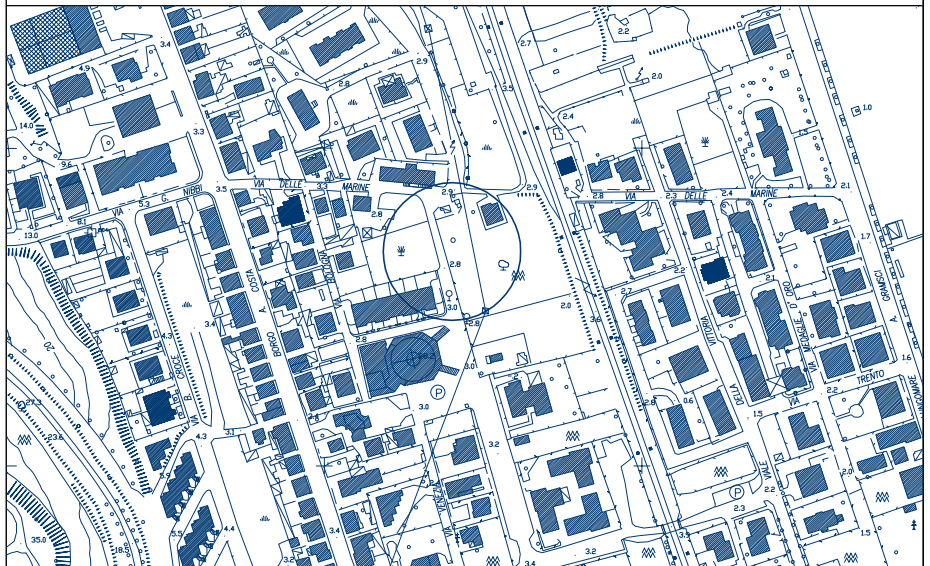
modellazione geologica, geotecnica  
caratterizzazione sismica locale  
verifica di compatibilità idraulica  
verifica di invarianza idraulica

*Committente:*  
Comune di Porto San Giorgio

*Tecnico incaricato:*  
Dr Geol Graziano Ciferri  
Codice Fiscale: CFR GZN 63P01 G920H  
Partita IVA: 01372470441



Maggio 2015



**INDICE**

PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI .....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE.....	4
3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	4
4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	6
5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	6
6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE .....	7
7. SISMICITA' DELL'AREA .....	9
8. AZIONE SISMICA.....	9
8.1 Analisi sismica del sito .....	10
8.2 Categoria di sottosuolo.....	11
8.3 Condizioni topografiche.....	11
9. OPERE DA REALIZZARE .....	11
10. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA .....	12
11. VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA .....	14
11.1 Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica .....	14
12. CONCLUSIONI .....	18

## ALLEGATI nel testo:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| - CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE I.G.M.  | scala 1:25.000          |
| - COROGRAFIA  | scala 1:10.000          |
| - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO   | scala 1:10.000          |
| - PLANIMETRIA UBICAZIONE INTERVENTO   | scala 1:1.000           |
| - PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI   | scala 1:4.000 – 1:1.000 |
| - SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA   | scala 1:100             |
| - STRATIGRAFIA SONDAGGIO Sr1  |                         |
| - ELABORATI PROVE PENETROMETRICHE P <sub>DPM1</sub> , P <sub>DPSH1</sub> ,      |                         |
| - INDAGINE SISMICA  |                         |
| - Progetto AVI – Archivio Piene   |                         |
| - Asseverazione sulla compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali |                         |

## PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI

Nella presente relazione sono illustrati i risultati dell'indagine geologica, geotecnica e sismica, eseguita nell'area ubicata nel comune di Porto San Giorgio lungo viale dei Pini e relativa al progetto di ampliamento della sede stradale per un tratto di 110 m con larghezza di 14,0 m.

(cfr.: *Corografia, scala 1:10.000*)

L'indagine è stata eseguita in conformità con la vigente normativa tecnica:

- per le edificazioni in zone sismiche ai sensi della L. n. 64 del 02/02/1974, decreto attuativo (D.M. 11/03/1988 e Circolare LL.PP. n. 30483 del 02/09/1988) e Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche, D.M. del 16/01/1996, D.M del 14/01/2008;
- per la Verifica di Compatibilità Idraulica ai sensi della L.R. 23 novembre 2011 n.22 art. 10, comma 4, "*Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico*" e D.G.R. n.53 del 27/01/2014 "*Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*"

La metodologia adottata per lo svolgimento della presente indagine è stata così articolata:

- Ricerca bibliografica

Dalla ricerca bibliografica sono stati acquisiti dati esistenti relativi ad indagini eseguite nell'area in oggetto; gli studi e le pubblicazioni consultate sono:

- *L'AMBIENTE FISICO DELLE MARCHE -autori vari-* Editto a cura dell'Assessorato Urbanistica-Ambiente della Regione Marche; 1991
- *LA GEOLOGIA DELLE MARCHE -Centamore E., Deiana G.-* Studi geologici camerti; numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana; Roma, 1986.
- *CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO* scala 1:10.000 del "*Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI)* L. 183/89- L. 365/00 -L.R. 13/99 redatto dalla regione Marche -Autorità di Bacino Regionale.
- *RACCOMANDAZIONI SULLA PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI GEOTECNICHE*, A.G.I. 1977
- *INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA – relativa al progetto di edificio per il Centro Sociale Nord, redatta dallo scrivente, 2007.*
- *INDAGINE GEOLOGICA – GEOMORFOLOGIACA – IDROGEOLOGICA – adeguamento del PRG al PPAR, redatta da Geol. E. Libranti e Geol. S. Sissi, 1992.*

- Rilievo di superficie

Al fine della caratterizzazione e modellazione geologica del sito è stato eseguito un rilievo geologico. L'analisi geologica e geomorfologica di dettaglio, eseguita attraverso il rilievo delle forme e dei depositi ad esse connessi, ha permesso la ricostruzione del modello geologico e morfogenetico in cui ricade l'area in esame e formulare le tendenze evolutive future in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche e sia alla dinamica geomorfologica.

- Ricostruzione litostratigrafica e caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni

La ricostruzione litostratigrafica e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è avvenuta per mezzo dell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica eseguita con penetrometro DM30, inoltre, sono stati reperiti dati stratigrafici relativi ad un sondaggio ed una prova, eseguiti in prossimità dell'area. Tali dati hanno consentito la ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo con la caratterizzazione sedimentologica e stratigrafica dei terreni (*natura, colore, qualità, ecc.*) e la valutazione dello spessore e la geometria dei litotipi.

- Indagine geofisica

L'indagine geofisica è stata eseguita al fine della caratterizzazione sismica del sottosuolo per valutare la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) come richiesto dalle N.T.C. Del 14/01/2008. La metodologia adottata si basa sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V ed eseguita per mezzo di tomografo digitale GeoBox 3CH 24 bit – SS45.

- Valutazione delle caratteristiche idrogeologiche

Le caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche dell'area hanno consentito la caratterizzazione idrogeologica del sito in oggetto.

- Verifiche di compatibilità ed invarianza idraulica

la verifica è stata eseguita nel rispetto della L.R. 23 novembre 2011 n.22 "Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico" e D.G.R. n.53 del 27/01/2014 "Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali"

- Stesura della presente relazione esplicativa e relative carte tematiche.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

L'area oggetto di studio ricade geograficamente nei seguenti fogli cartografici:

- foglio n. 315 sezione 315020 della Carta Tematica della Regione Marche, scala 1:10.000;
- foglio n. 125 quadrante I della Carta Topografica Regionale, scala 1:25.000.

L'edificio è ubicato a Nord del territorio comunale di Porto San Giorgio, l'ambiente è di pianura costiera ed è completamente urbanizzato.



Fig. 1: Ubicazione su foto aerea

## 3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Nella regione marchigiana è presente una successione sedimentaria pressoché continua dal Trias superiore al Neogene, che poggia su un basamento cristallino ercinico in evoluzione continua fino al Pleistocene.

Tale successione presenta variazioni di spessori e di facies che riflettono quelle spazio-temporali degli ambienti di sedimentazione (Centamore e Micarelli, 1991).

Nell'area oggetto di studio, ubicata nell'estremo settore sud-orientale del Bacino Marchigiano Esterno, affiorano la successione di sedimenti terrigeni del ciclo plio-pleistocenico.

Il susseguirsi nel corso del tempo di molteplici ambienti di sedimentazione, di concerto con l'evoluzione tettonica quaternaria e le azioni marine trasgressive e regressive combinate alle variazioni climatiche, portarono all'instaurarsi di processi erosivi lineari alternati a fasi di sedimentazione e/o a prevalente erosione laterale. La disposizione strutturale dei litotipi si

inserisce dunque nell'ampia "Monoclinale" regionale nel dominio del Bacino Marchigiano Esterno, la quale consiste in una successione di strati debolmente inclinati ( $11^\circ$ ) ed immergenti verso E/N-E.

Il sottosuolo dell'area in oggetto è costituito da una coltre di copertura di natura incoerente e debolmente coesiva, caratterizzata dall'interdigitazione stratigrafica dei depositi Litoranei ed i depositi Alluvionali, cronologicamente riconducibili all'Olocene, in profondità ed in discordanza angolare sono presenti i depositi di margine e di riempimento di paleocanali sottomarini che a loro volta mascherano i depositi da neritici ad epibatiali di rilevante potenza, l'unità rilevata è costituita dalla formazione Pelitica "*Formazione delle Argille Azzurre*" di epoca Plio-Pleistocenica.

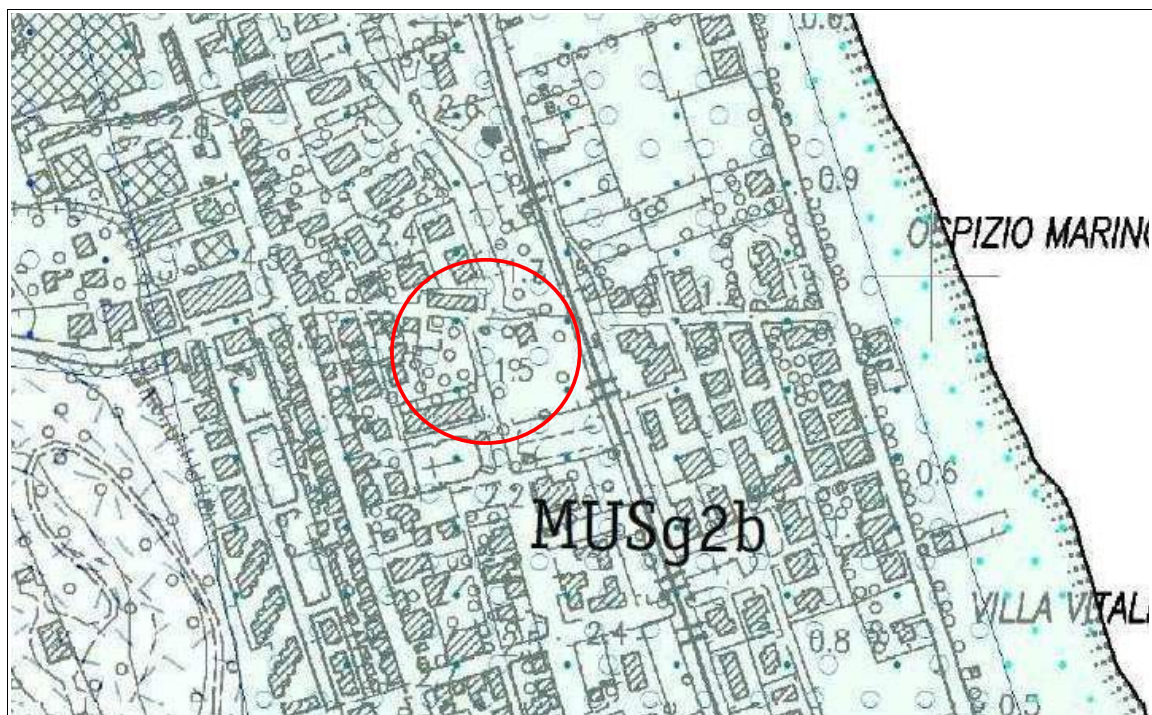





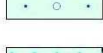
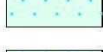


Fig. 3: CARTA GEOLOGICA REGIONALE. Stralcio planimetrico tratto da sezione 315020 PORTO SAN GIORGIO  
Giunta Regione Marche – Servizio infrastrutture Trasporti ed Energia – P.F. Urbanistica,  
Paesaggio e informazioni Territoriali

<b>LEGENDA GEOLOGICA</b>		
<b>DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI</b>		
<b>SINTEMA DEL MUSONE</b>		
<b>(OLOCENE)</b>		
	MUSa1	Frane in evoluzione
	MUSa1q	Frana senza indizi di evoluzione
	MUSb2	Depositi eluvio-colluviali
	MUSb	Depositi alluvionali attuali ghiaia, sabbia
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati ghiaie sabbiose, sabbie limose
	MUSg2a	Depositi di spiaggia attuali sabbie prevalenti
	MUSg2b	Depositi di spiaggia antica ghiaie e sabbie in proporzioni variabili

#### 4. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La porzione di territorio in oggetto si sviluppa lungo la pianura costiera ad una quota altimetrica di 3,0 m sul livello medio del mare.

L'assetto geomorfologico generale della zona, deriva dall'azione della sedimentazione di geni alluvionale e marina, si presenta pressoché pianeggiante con una lieve pendenza pari al 2 - 4 % e digradante verso Est.

Il sito non rientra in area soggetta a pericolosità ed a rischio idrogeologico per fenomeni di esondazione, aree individuate negli strumenti urbanistici comunali e in altri studi specifici di settore (C.A.R.G., S.C.A.I., R.I.M., studi GNDCl) ed acquisite nel Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004.  
(cfr.: *Carta del rischio idrogeologico, scala 1:10.000*).

#### 5. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

L'evoluzione del sistema idrografico superficiale risulta fortemente condizionato dai fenomeni neotettonici avvenuti a partire dal Pliocene inferiore-medio che hanno favorito il rapido approfondimento dell'intero reticolo idrografico.

Il sito in oggetto non è attraversato da vie preferenziali di scorrimento delle acque superficiali.

Il reticolo idrografico dell'area è caratterizzato da:

- reticolo principale è costituito dal *fosso Valloscura* ubicato a Nord, distante dal sito in oggetto circa 600 m, mentre a Sud è presente il *Rio Petronilla*, distante 1200 m dal sito;
- reticolo secondario ed antropico è rappresentato da canali completamente intubati per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche in eccesso dell'area urbanizzata.

Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda, viste le caratteristiche litologiche e tessiturali dei terreni e la sovrapposizione stratigrafica di litotipi permeabili (sabbie e ghiaie) su litotipi impermeabili e/o scarsamente permeabili (argille), esistono condizioni favorevoli per la formazione di una falda acquifera freatica. Il livello piezometrico, rilevato in data 23 Luglio 2007, è ubicato alla profondità di 2,80 m dal piano campagna.

## 6. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Al fine della caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni è stata eseguita una prova penetrometrica dinamica "DM30" ed acquisiti dati stratigrafici relativi ad indagini eseguite in prossimità nell'area; in dettaglio: log stratigrafico di un sondaggio geognostico ed elaborazione di una prova penetrometrica dinamica "DPSH".

(cfr.: *Ubicazione Indagini, scala 1:1.000 – 1:4.000*)

Le prove penetrometriche dinamiche, consentono dal punto di vista qualitativo l'individuazione di strati di terreno con bassa consistenza, mentre, dal punto di vista quantitativo consentono una stima del valore della resistenza al taglio in condizioni di drenaggio impedito nei terreni coesivi (coesione) e la valutazione dello stato d'addensamento e dell'angolo d'attrito nei terreni incoerenti ( $D_r$  e  $\phi$ ).

(cfr.: *Elaborati prove penetrometriche  $P_{DPM1}$  –  $P_{DPSH1}$* )

I parametri geotecnici di seguito riportati sono stati ricavati dall'elaborazione e dalla correlazione dei dati sperimentali secondo l'interpretazione di Terzaghi, D'Appolonia, Sanglerat ed altri autori, che tengono conto della resistenza di rottura dinamica alla punta. Inoltre sono stati correlati ad analisi di laboratorio eseguite su terreni simili.



I litotipi rilevati a partire dal piano campagna sono:

**a. Terreno vegetale**

Il terreno vegetale è costituito da limi sabbiosi a luoghi argillosi, si presenta a tessitura eterogenea ed alterato dai fattori climatici (molto essiccato). Terreno coesivo e/o debolmente coesivo in relazione alla percentuale di limi presenti.

Le caratteristiche geomeccaniche sono suscettibili di alterazione in relazione al contenuto naturale d'acqua.

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,85 - 1,90$	g/cmc
Coazione non drenata	$C_u = 0,5 - 0,7$	Kg/cm <sup>2</sup>
Coazione drenata	$C' = 0,1$	Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo d'attrito drenato	$\varphi' = 26 - 28$	gradi
Modulo edometrico	$E_d = 50 - 70$	Kg/cm <sup>2</sup>

**Depositi Litoranei / Alluvionali**

Depositi caratterizzati da interdigitazione stratigrafica, dei litotipi di genesi marina ed alluvionale, sono sedimenti di "copertura" medio-fini. Tali depositi sono costituiti da:

**b. Limi sabbiosi e sabbie limose** di colore avana.

Terreni incoerenti e/o debolmente incoerenti in relazione alla percentuale di sabbie presenti da poco a mediamente addensati, dal punto di vista geotecnico il terreno ha discrete qualità geomeccaniche.

(cfr.: *Sezione litostratigrafica*)

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,80 - 1,85$	g/cmc
Coazione drenata	$C' = 0,1$	Kg/cm <sup>2</sup>
Angolo d'attrito drenato	$\varphi' = 28 - 31$	gradi
Modulo elastico	$E' = 150 - 200$	Kg/cm <sup>2</sup>

**c. Sabbie** a granulometria grossolana, con inclusi clasti di natura prevalentemente calcarea con spigoli arrotondati. Terreno incoerente, non stratificato, molto addensato.

Il litotipo è stato rilevato alla profondità di 2,50 m con uno spessore di 1,40 m, dal punto di vista geotecnico il terreno ha buone qualità geomeccaniche. (cfr.: *Sezione litostratigrafica*)

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,80 - 1,85$	g/cmc
Angolo d'attrito drenato	$\varphi' = 33 - 34$	gradi
Modulo elastico	$E' > 300$	Kg/cm <sup>2</sup>

**d. Limi e limi sabbiosi** di colore grigio avana, rilevati alla profondità di 7,0 m dal piano campagna. Sono terreni coesivi e/o debolmente coesivi in relazione alla percentuale di limi presenti da poco consistenti a sciolti.

(cfr.: *Sezione litostratigrafica*)

Peso dell'unità di volume	$\gamma = 1,85 - 1,90$	g/cm <sup>3</sup>
Coesione non drenata	$C_u = 0,4 - 0,5$	Kg/cm <sup>2</sup>
Coesione drenata	$C' = 0,0$	
Angolo d'attrito drenato	$\varphi' = 26 - 27$	gradi
Modulo edometrico	$E' = 40 - 50$	Kg/cm <sup>2</sup>

## 7. SISMICITA' DELL'AREA

In relazione alla normativa sismica O.P.C.M. 3274 del 20.03.03 all. 1 "criteri per l'individuazione delle zone sismiche, individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone", l'area in esame, comune di Porto San Giorgio, ricade in zona sismica 2, con valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a:

zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /g]
1	> 0,25	0,35
2	<b>0,15 – 0,25</b>	<b>0,25</b>
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

## 8. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito in oggetto.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{V_R}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Ai fini della normativa le forme spettrali sono state definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di

riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.II e 3.2.III) e categorie di condizioni topografiche (D.M. 14/01/2008 tab. 3.2.IV).

### 8.1 Analisi sismica del sito

L'analisi sismica del sito ha il fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo e, in particolare, individuare le discontinuità sismiche nonché ricostruire la 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 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" del D.M. 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) permette di ottenere i seguenti risultati:

- 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 pericolosa per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$  e  $V_{s30}$**  calcolata con un apposito codice di calcolo, tramite la curva H/V;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 m. 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.

Nella tabella di seguito esposta vengono riportati i valori della velocità delle onde di taglio a partire dal piano campagna:

Sismostrati	Spessore (m)	Profondità (m)	Velocità onde di taglio (m/sec)
1	0,4	0,4	56
2	1,3	1,7	136
3	5,8	7,5	180
4	9,0	16,5	300
5	33,5	50,0	360
6	Inf.	> 50	600

Dall'espressione seguente è stata calcolata la velocità equivalente delle onde di taglio entro 30 m di profondità, calcolata dal piano campagna attuale:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} = 257,68 \text{ m/sec}$$

## 8.2 Categoria di sottosuolo

La categoria del sottosuolo, in base al valore  $V_{S30}$  della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità, rientra nella categoria C, *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

## 8.3 Condizioni topografiche

In relazione agli effetti di amplificazione locale legati alla morfologia del suolo, la categoria relativa alla superficie topografica dell'area in esame rientra nella categoria T1, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

## 9. OPERE DA REALIZZARE

Il progetto prevede la realizzazione dell'ampliamento del tracciato stradale denominato viale dei Pini Nord il quale permetterà il collegamento con il viale delle Regioni.

L'ampliamento del tracciato si sviluppa su una superficie topografica pianeggiante, per una lunghezza di 110 m ed una larghezza di 14,0 m.

Al fine di una corretta realizzazione dell'opera, si consiglia, una buona preparazione del sottofondo stradale, le fasi lavorative per tale preparazione sono:

- 1 asportazione del terreno più superficiale "scorticamento", costituito da limi sabbiosi talora argillosi, con inglobante elementi vegetali e organici di scadenti caratteristiche geotecniche, tale terreno è soggetto ad alterare le proprie caratteristiche geotecniche in relazione alla variazione del contenuto naturale d'acqua;
2. costipamento del terreno in sito, tale fase ha lo scopo di diminuire la compressibilità, di ridurre la permeabilità e la suscettibilità all'acqua. L'operazione meccanica d'addensamento dei terreni potrebbe essere eseguita per mezzo di rulli e macchine vibranti. Il controllo dei risultati del costipamento dovrà essere eseguita attraverso la determinazione della capacità portante del terreno in sito, mediante la prova in sito "carico su piastra circolare" espressa nel modulo di deformazione "E" che non deve essere minore di 150 Kg/cmq., per tutte le categorie di strade;
4. drenaggio delle acque superficiali per mezzo di zanella e pozzetti di raccolta, aventi la funzione di salvaguardare la strada dalle acque meteoriche;
5. per la parametrizzazione della massicciata, si consiglia un terreno che rientra nella classificazione CNR-UNI 10006/1963 nel gruppo AI, terre composte da materiale arido ben gradato, esse risultano altamente stabili sotto il carico delle ruote indipendentemente dal grado di umidità, possono essere rullate fino ad ottenere densità altissime usando carrelli gommati e non hanno nessuna variazione volumetrica, questi materiali hanno una capacità portante altissima per alte densità.

## **10. VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA**

La verifica di compatibilità idraulica, in relazione al progetto di ampliamento del tratto terminale del viale dei Pini Nord è stata eseguita secondo quanto stabilito dalla L.R. 23 novembre 2011 n.22 art. 10, comma 4 e D.G.R. n.53 del 27/01/2014, la quale prevede lo sviluppo di livelli di approfondimento e, a seconda del livello di sviluppo della stessa, deriva dalla integrazione dei seguenti dati/analisi:

- *verifica preliminare* - analisi idrografica-bibliografica-storica
- *verifica semplificata* - analisi geomorfologica
- *verifica completa* - analisi idrografica-idraulica

Il grado di approfondimento degli studi è in funzione dell'importanza della trasformazione territoriale prevista e della situazione della rete idrografica nel contesto in cui si colloca la trasformazione territoriale.

L'analisi idrografica, bibliografica e storica ha lo scopo di individuare il reticolo idrografico attuale e quello storico recente, le aree mappate come inondabili negli strumenti di Pianificazione di Settore redatti dalle Autorità di Bacino, le aree inondabili individuate in altri strumenti di pianificazione e le aree individuabili come inondabili e/o inondate sulla base degli studi e delle informazioni storiche disponibili.

### **Individuazione del reticolo idrografico**

Al fine della consultazione della cartografia disponibile dell'area sono state reperite le seguenti cartografie:

- carta topografica regionale IGM foglio n.125 I scala 1:25.000
- carta Tecnica Regionale – sezione n. 315020 scala 1:10.000
- carta aerofotogrammetria comunale, scala 1:2.000
- mappa catastale, scala 1:2.000

Il Reticolo idrografico principale è costituito dal *fosso Valloscura* ubicato a Nord, distante dal sito in oggetto circa 600 m, mentre a Sud è presente il *Rio Petronilla*, distante circa 1200 m dal sito.

In relazione al regime stagionale delle portate, alle distanze e i dislivelli, il sito risulta non esposto a rischio esondazione; inoltre dai dati storici non emergono segnalazioni di fenomeni esondativi che hanno interessato il sito in oggetto.

### **Ricerca bibliografica e storica**

L'analisi della ricerca bibliografica e storica è stata condotta con la raccolta delle informazioni disponibili, relative alla individuazione di aree inondabili mappate negli strumenti di programmazione esistenti.

Gli strumenti di programmazione e i dati consultati sono:

- Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI), approvato con D.C.R. n.116 del 21.01.2004, dove sono riportate le aree individuate negli strumenti urbanistici comunali e in altri studi specifici di settore (C.A.R.G., S.C.A.I., R.I.M., studi GNDCI);
- Piano regolatore comunale (PRG), Indagine geologica – geomorfologica – idrogeologica in *adeguamento del PRG al PPAR, di I e II fase*;
- Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane), Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità naturali ed idrauliche, 2° edizione Anno 1999;
- Rilievo del Reticolo Idrografico Minore della Regione Marche (RIM);
- Dati riguardanti informazioni/segnalazioni relative fonti verbali, editoriali e fotografiche ecc. si evince che l'area in esame non è mai stata interessata in passato da eventi di allagamento e inondazione.

Data la situazione idrogeologica descritta nel presente lavoro, l'area in esame non è interessata da vulnerabilità idrogeologica ed idraulica, in quanto posta a distanza tale da non essere interessata sia da potenziali fenomeni di inondazione/allagamento del reticolo idrografico che dalle dinamiche fluviali, anche in orizzonte temporale di lungo periodo; pertanto la **verifica di compatibilità idraulica risulta soddisfatta dalla presente verifica preliminare**, con l'esclusione dai successivi livelli di analisi (semplificata e completa).

## **11. VERIFICA INVARIANZA IDRAULICA**

Al fine della definizione delle misure compensative rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali, vengono descritte le scelte metodologiche e le indicazioni tecnico-progettuali adottate per il dimensionamento dei dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica nelle trasformazioni urbanistiche in osservanza al titolo III della D.G.R. n.53 del 27/01/2014, richieste all'art. 10 comma 4 della L. R. n. 22 del 22/11/2011 (Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alla L.R. n.34 del 05/08/1992 "Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio", alla L.R. n. 22 del 08/10/2009 "interventi della regione per il riavvio delle attività edilizie al fine di fronteggiare la crisi economica, difendere l'occupazione, migliorare la sicurezza degli edifici e promuovere tecniche di edilizia sostenibile").

Per trasformazione del territorio ad invarianza idraulica si intende la modifica di un'area in modo che i deflussi superficiali originati dall'area stessa non provochi un aggravio della portata di piena del corpo idrico ricevente. Nelle trasformazioni urbanistiche che comportano parziali impermeabilizzazioni del territorio, sarà quindi necessario predisporre dei volumi di invaso di compensazione. Tali volumi andranno riempiti prima che si verifichi il deflusso delle aree stesse, garantendo l'effettiva invarianza del picco di piena. Gli invasi andranno poi svuotati entro le 24 ore successive all'evento. La portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di quell'area rimarrà così costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo, garantendo il principio di invarianza idraulica.

### **11.1 Computo dei volumi di compensazione per l'invarianza idraulica**

Il principio dell'invarianza idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area.

Di fatto, l'unico modo di garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi stoccaggio temporaneo dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione che sono un effetto

inevitabile di ogni trasformazione del suolo da non-urbano ad urbano.

La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) è data dal valore convenzionale:

$$w = w^{\circ} \left( \frac{\phi}{\phi^{\circ}} \right)^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$$

essendo:

$w^{\circ}$  = 50 mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione

$\phi$  = coefficiente di deflusso post trasformazione

$\phi^{\circ}$  = coefficiente di deflusso ante trasformazione

$n = 0,48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta plausibile da numerosi studi sperimentali citati in letteratura – si veda ad es. CSDU, 1997)

I e P = espressi come frazione dell'area trasformata

Imp e Per = espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile post trasformazione.

Imp $^{\circ}$  e Per $^{\circ}$  = espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile ante trasformazione.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\phi$  e  $\phi^{\circ}$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^{\circ} = 0.9 \text{ Imp}^{\circ} + 0.2 \text{ Per}^{\circ}$$

$$\phi = 0.9 \text{ Imp} + 0.2 \text{ Per}$$

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento, a prescindere dalla quota P che viene lasciata inalterata.

Verranno di seguito analizzate le condizioni dell'area prima dell'intervento e dopo la trasformazione, quindi analizzati i parametri necessari alla procedura di calcolo dei volumi di invarianza idraulica.

Al fine di fornire indicazioni di tipo tecnico relative alle opere per volumi di compensazione, sulla base delle linee guida "B" sviluppo della verifica per l'invarianza idraulica dove viene riportata la classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici, e consente di definire soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento.



<i>Classe di intervento</i>	<i>Definizione</i>
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
<b>Modesta impermeabilizzazione potenziale</b>	<b>intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha</b>
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con Imp < 0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	intervento su superfici superiori a 10 ha con Imp > 0,3

Tab.1 classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulicamente

La trasformazione da realizzare ricade su una superficie di 2.235 mq (0,22 ha) con classe di appartenenza "*modesta impermeabilizzazione potenziale*".

Il volume minimo di invaso è stato calcolato/verificato sulla base dei seguenti dati:

<b>Superficie totale</b> (part. n. 433)	2235 mq
<b>Ante Operam</b>	
<b>Superficie Impermeabile</b>	
Tracciato stradale esistente	610 mq
<b>Superficie permeabile</b>	
Superficie agricola (verde)	1625 mq
<b>Post Operam</b>	
<b>Superficie Impermeabile</b>	
Nuovo tracciato stradale e marciapiedi	1783 mq
<b>Superficie permeabile</b>	
Superficie con sistemazione a verde	452 mq
<b>Superficie trasformata</b>	2235 mq

**CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1)  
AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014**

**Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:**

$$W = W^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15 I - W^0 P$$

$$\phi^0 = 0.9 Imp^0 + 0.2 Per^0 \quad \phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$$

$W^0 = 50$  mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione  
 $\phi$  = coefficiente di deflusso post trasformazione  $\phi^0$  = coefficiente di deflusso ante trasformazione  
 $n = 0.48$  I e P espressi come frazione dell'area trasformata  
 Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice<sup>0</sup>) o dopo (se non c'è l'apice<sup>0</sup>)  
 VOLUME RICAIVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento

**Oggetto:**

(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)

Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	2235,00	mq	Inserire la superficie totale dell'intervento					
<b>ANTE OPERAM</b>									
Superficie impermeabile esistente	=	610,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)					
Imp <sup>0</sup>	=	0,27							
Superficie permeabile esistente (mq)	=	1625,00	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)					
Per <sup>0</sup>	=	0,73							
Imp <sup>0</sup> + Per <sup>0</sup>	=	1,00							
<b>POST OPERAM</b>									
Superficie impermeabile trasformata o di progetto	=	1783,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)					
Imp	=	0,80							
Superficie permeabile di progetto	=	452,00	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)					
Per	=	0,20							
Imp + Per	=	1,00							
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>									
Superficie trasformata/livellata	=	2235,00	mq	superficie impermeabile più superficie permeabile trasformata rispetto all'agricola					
I	=	1,00							
Superficie agricola inalterata	=	0,00	mq	superficie inalterata					
P	=	0,00							
I + P	=	1,00							
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>									
$\phi^0$	$0,9 \times Imp^0 + 0,2 \times Per^0$	=	0,9 x	0,27 +	0,2 x	0,73 =	0,39		
$\phi$	$0,9 \times Imp + 0,2 \times Per$	=	0,9 x	0,80 +	0,2 x	0,20 =	0,76		
W	$W = W^0 (\phi / \phi^0)^{1/(1-n)} - 15 I - W^0 P$	=	50 x	3,57 -	15 x	1,00 -	50 x	0,00 =	163,73 mc/ha
W <sup>0</sup>	50 mc/ha								
$(\phi / \phi^0)^{1/(1-n)}$	1,94								
	1,92								
<b>VOLUME MINIMO DI INVASO</b>									
			163,73 :	10.000,00 x	2.235,00 =	36,59	mc		
Q	Portata ammissibile sul corpo riceettore 20 l/s/ha		4,47	l/sec					

Come indicato nelle linee guida, nelle impermeabilizzazioni per strade, l'invarianza idraulica si può realizzare con un opportuno dimensionamento dei fossi laterali e delle canalette di drenaggio, in particolare la totale impermeabilizzazione della superficie stradale porta a dimensionare, tramite il calcolo eseguito un volume minimo di invaso pari a 163,73 mc/ha equivalente a 0,016 mc/mq.

Considerando una larghezza (sede stradale e marciapiede) pari a 15 m, otteniamo un volume pari a 0,24 mc ogni metro di lunghezza.

Quindi realizzando un canale di scolo di un volume pari a  $(0,24/0,8^*) = 0,3$  mc/m soddisfa i requisiti di volume di compensazione richiesti.

\*Utilizzazione dell'80 % del volume fisico di una condotta, in diminuzione del valore del volume minimo d'invaso previsto dall'equazione.

## 12. CONCLUSIONI

Le osservazioni e le considerazioni fino a qui esposte, hanno permesso di verificare la compatibilità dell'intervento in relazione agli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del sito in oggetto, la capacità portante ed i cedimenti del terreno di sottofondo stradale, sono compatibili con le aspettative progettuali per l'ampliamento della sede stradale.

In relazione alla vocazionalità del sito ed alla compatibilità idraulica dell'area si ritiene che il sito in esame è idoneo agli interventi di urbanizzazione previsti nel progetto.

Porto San Giorgio, 13 Maggio 2015

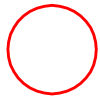
Dr. Geol. Graziano Ciferri



# CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE I.G.M.

scala 1:25.000

LEGENDA:

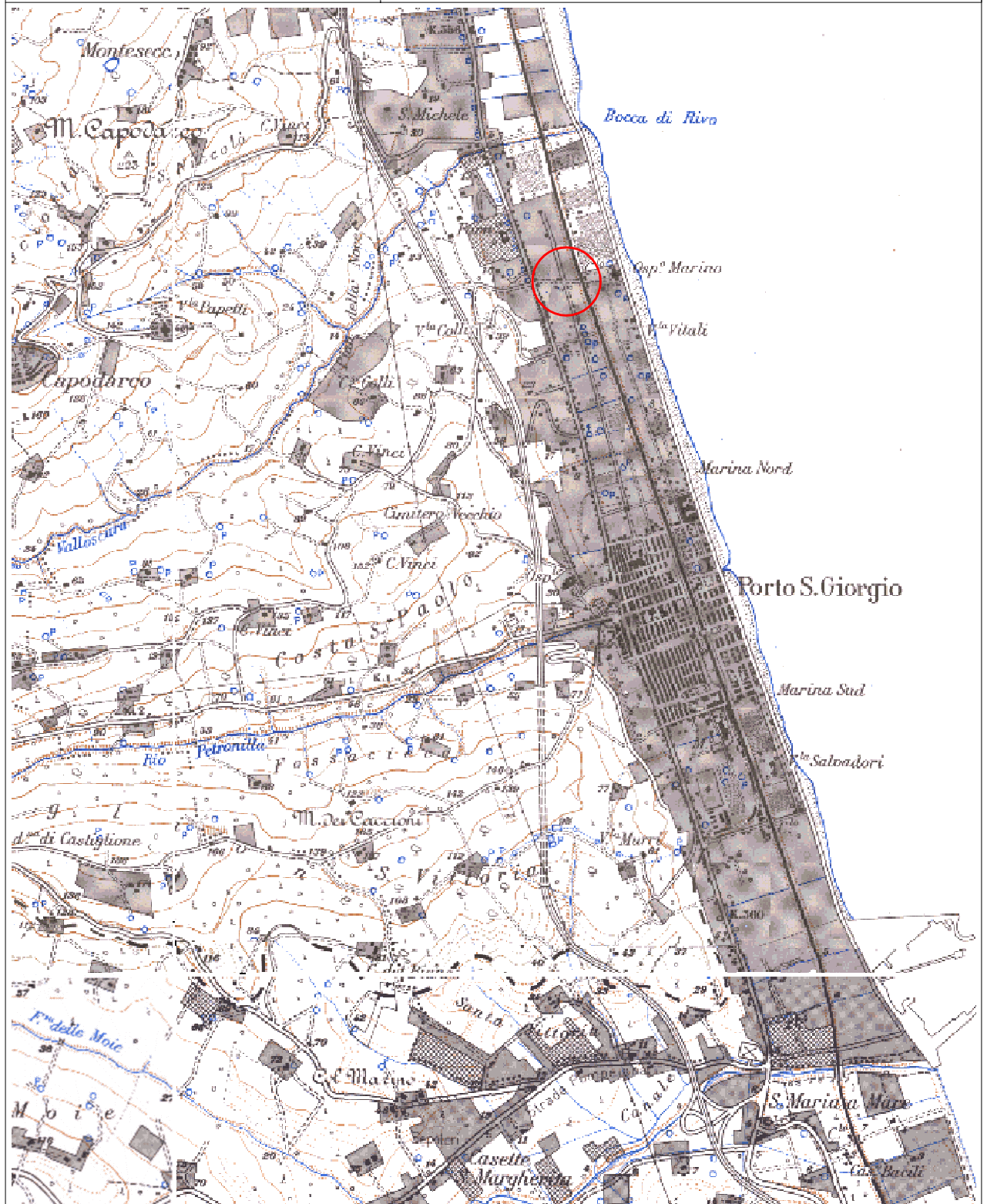


Area in oggetto



Base cartografica: I.G.M. scala 1:25.000  
(agg. 1984 CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE)  
Foglio n. 125 I

L'equidistanza fra le curve di livello è di 25,0 m,  
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.



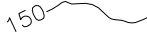
LEGENDA:



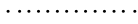
Area in oggetto



Reticolo idrografico



Curve di livello  
quota altimetrica s.l.m.



Confine comunale

COROGRAFIA

scala 1:10.000



Base cartografica:  
CARTA TECNICA REGIONALE scala 1:10.000 (agg. 2000)  
Foglio n.315 Sezione n.315020  
L'equidistanza fra le curve di livello è di 10,0 m,  
l'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.



LEGENDA:



Area in oggetto

CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

scala 1:10.000

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

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

Aree a rischio esondazione (Codice E-xx-yyyy)

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



PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

L.183/89-L.365/00-L.R.13/99 Regione Marche - Autorità di Bacino Regionale.  
Approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n. 116 del 21.01.2004

TAVOLA RI 60 a



# PLANIMETRIA INTERVENTO

scala 1:1.000



Base cartografica:  
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Porto San Giorgio  
L'altezza espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

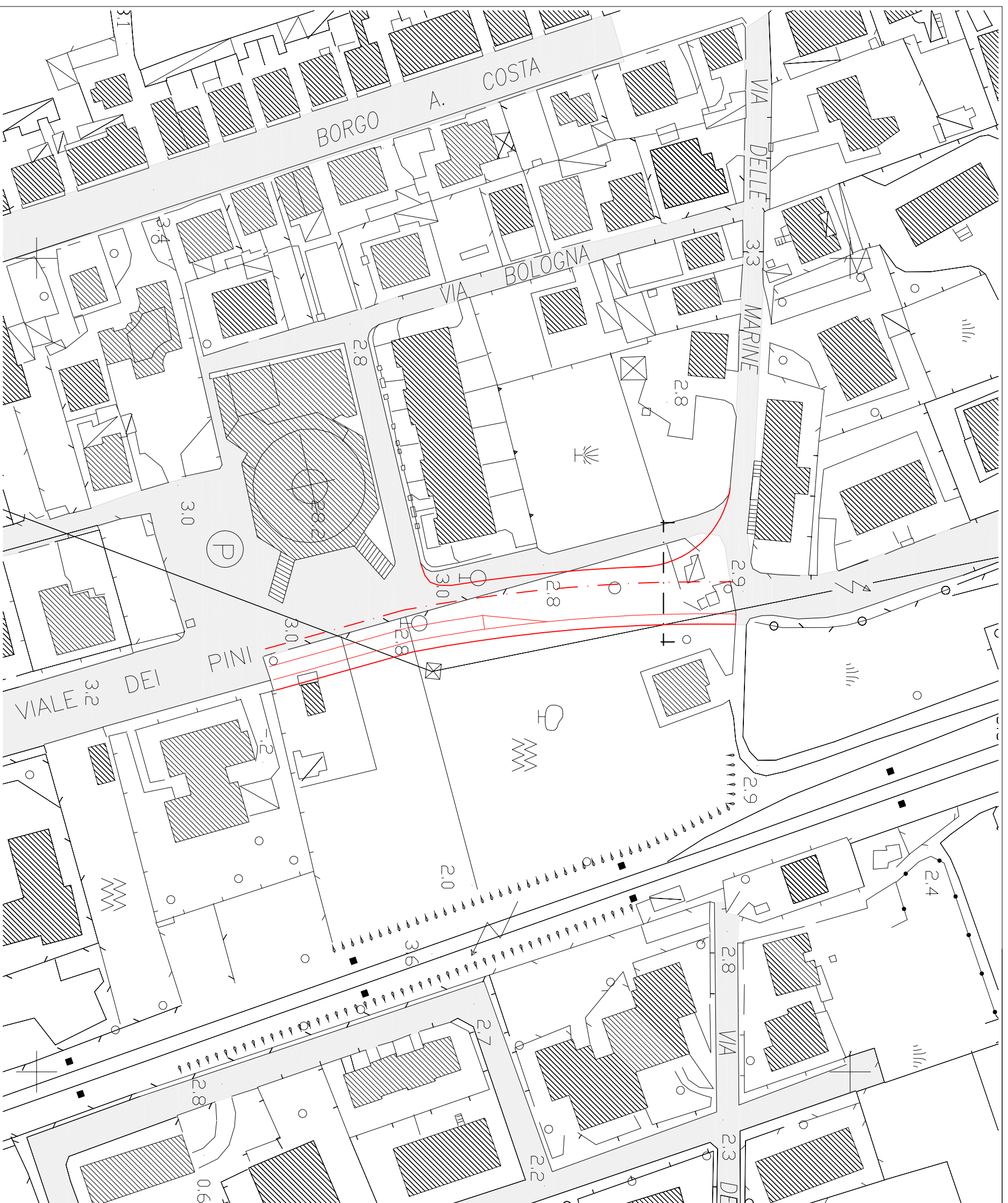
## LEGENDA:



AMPLIAMENTO VIALE DEI PINI



VIABILITA' LOCALE








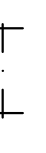
# PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI

scala 1:4000 - 1:1000



Base cartografica:  
Aerofotogrammetria comunale, Comune di Porto San Giorgio  
L'altimetria espressa in metri è riferita al livello medio del mare.

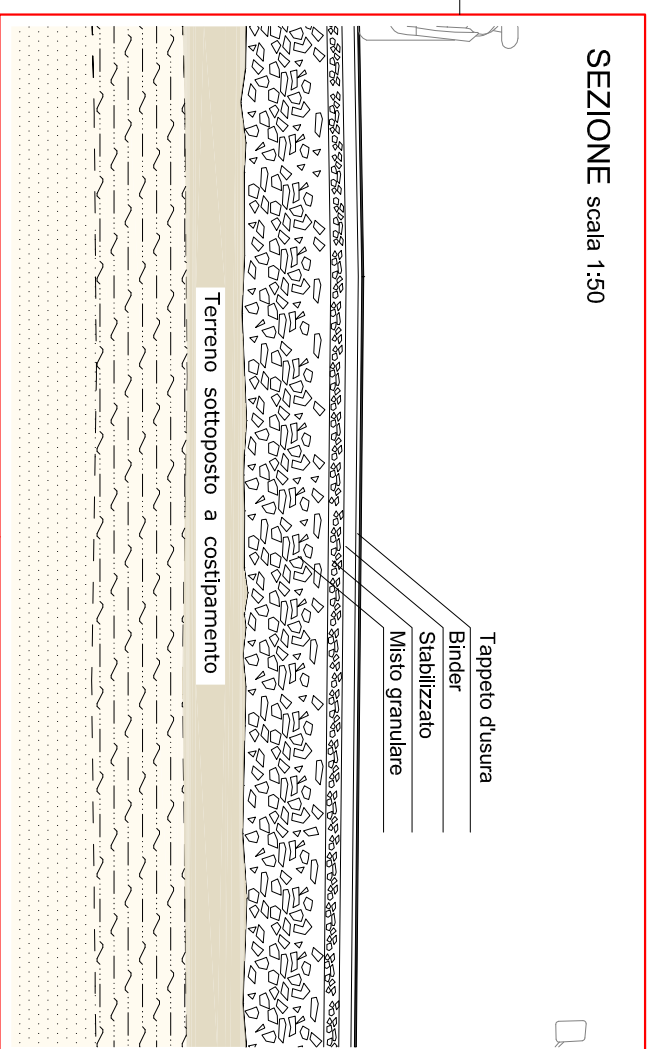
## LEGENDA

-  Ampliamento viale dei Pini
-  P<sub>DPM</sub> 1 Ubicazione prova penetrometrica dinamica
-  P<sub>PSH</sub> 1 Ubicazione prova penetrometrica dinamica
-  Sr 1 Ubicazione sondaggio geognostico reperito
-  Tr1 Ubicazione stazione indagine sismica
-  Traccia sezione litostratigrafica



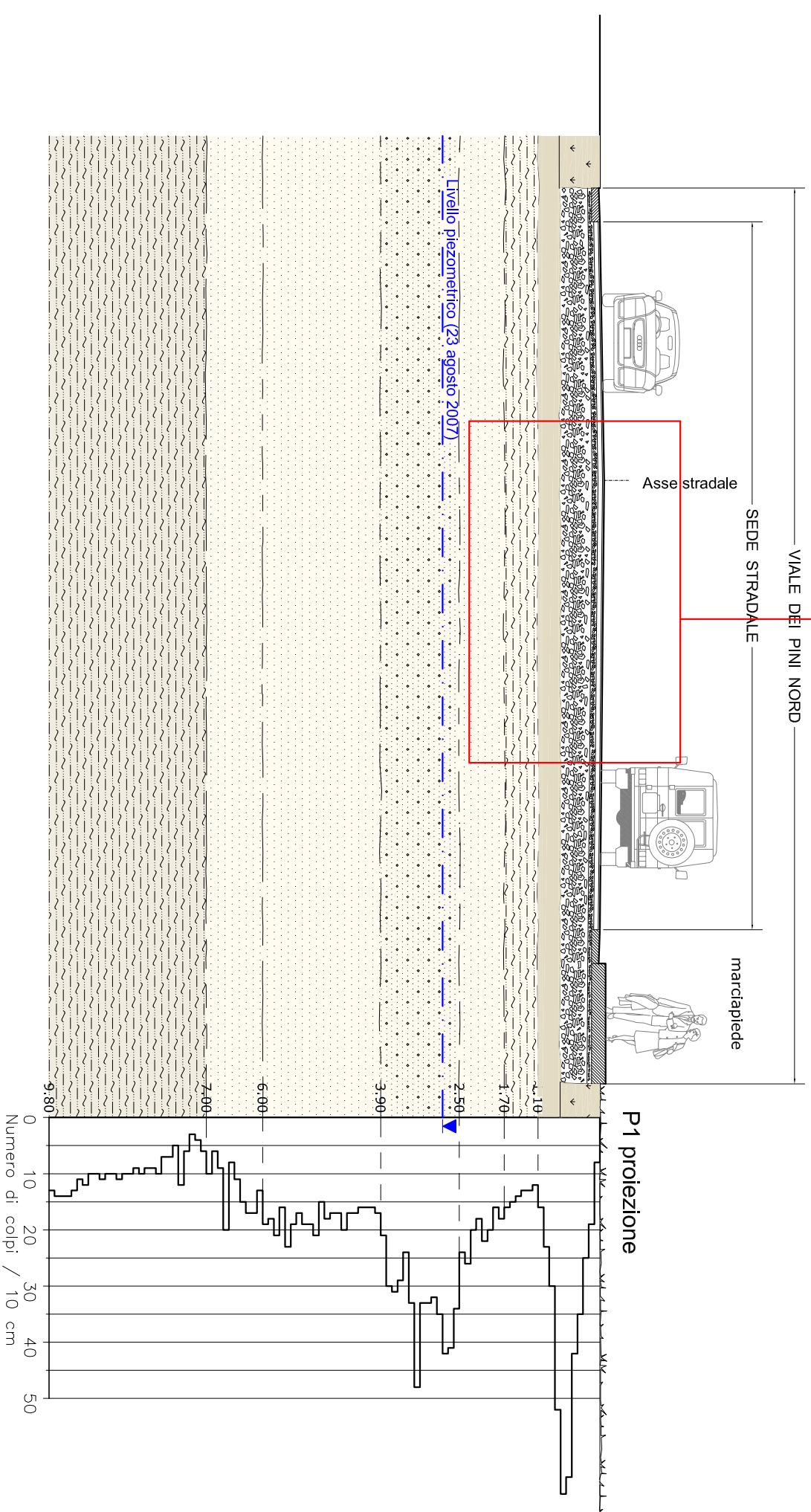


SEZIONE scala 1:50



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

scala 1:100



LEGENDA

- a Terreno vegetale essiccato  
Limi sabbiosi a luoghi argillosi.
  - b Sabbie limose e sabbie  
leggermente limose
  - c Sabbie a granulometria grossolana  
con elementi ghiaiosi inclusi
  - d Limi sabbiosi
- P1 Prova penetrometrica dinamica



Dr. Graziano Ciferri  
 — Geologo —  
 Via Luigi Galvani n. 19  
 63017 Porto S. Giorgio AP  
 Tel. 0734 / 679003

Oggetto:  
 ADEGUAMENTO DEL P.R.G. AL P.P.A.R.

**SONDAGGIO N. 1**

Cantiere: VIA MARCHE

Impresa esecutrice:

Metodo di perforazione: percussione

Diametro di perforazione:

Inclinazione (gradi): 0°

Quota boccaforo: 3.0 m s.l.m.

Scala stratigrafia 1:100

Scala grafica	Spessore p.c. parz. (m)	STRATIGRAFIA		POCKET PENETROMETER Rp= Kg/cm <sup>q</sup>					Campioni	Falda	Strumenti installati	Osserv.
		Simbologia	Descrizione della natura litologica	1	2	3	4	5				
1	1.00		Terreno vegetale									
2	1.70		Alluvioni terroso-sabbiose giallastre							▼		
3	2.70		Sabbie giallastre a granulometria medio fine.									
4	4.80		Sabbie giallastre a granulometria medio fine.									
5	7.50		Sabbie giallastre a granulometria medio fine.									
6	8.50		Ghiaia ciottolosa sabbiosa.									
7	11.00		Limi sabbioso-argillosi.									
8	15.30		Ghiaie e sabbie: frammenti lapidei arrotondati di dimensioni da 0.2 a 10 cm addensati in strati separati da livelli sabbiosi grigiastri.									
9	17.50		SUBSTRATO Argille limoso-sabbiose grigio chiaro con livelletti centimetrici di sabbia fine grigio scuro.	3.7								
10				4.0								
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

DOCUMENTO TRATTO DA:  
 INDAGINE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA in allegato al Piano Regolatore Generale in adeguamento al P.P.A.R. - redatta da Dr. Geol. Ermanno Libranti, 1996.

Note:

**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)**

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

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 30.00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13.60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35.70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10.00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2.40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6.00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\rho_t = Q/Q_{spt} = 0.766$ ( teoricamente : Nspt = $\rho_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa ≈ 0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : Ampliamento Viale dei Pini  
- lavoro : Indagine geologico-tecnica  
- località : Viale dei Pini

- data prova : 22/08/2007  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
- data emiss. : 23/08/2007

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0.00 - 0.10	8	31.3	1	4.90 - 5.00	15	46.6	6
0.10 - 0.20	19	74.3	1	5.00 - 5.10	21	65.2	6
0.20 - 0.30	25	97.8	1	5.10 - 5.20	19	59.0	6
0.30 - 0.40	35	137.0	1	5.20 - 5.30	19	59.0	6
0.40 - 0.50	42	164.3	1	5.30 - 5.40	17	52.8	6
0.50 - 0.60	74	289.6	1	5.40 - 5.50	19	59.0	6
0.60 - 0.70	77	301.3	1	5.50 - 5.60	23	71.4	6
0.70 - 0.80	52	203.5	1	5.60 - 5.70	16	49.7	6
0.80 - 0.90	30	111.6	2	5.70 - 5.80	21	65.2	6
0.90 - 1.00	23	85.5	2	5.80 - 5.90	18	53.6	7
1.00 - 1.10	16	59.5	2	5.90 - 6.00	19	56.6	7
1.10 - 1.20	12	44.6	2	6.00 - 6.10	13	38.7	7
1.20 - 1.30	13	48.3	2	6.10 - 6.20	17	50.7	7
1.30 - 1.40	13	48.3	2	6.20 - 6.30	17	50.7	7
1.40 - 1.50	14	52.1	2	6.30 - 6.40	15	44.7	7
1.50 - 1.60	15	55.8	2	6.40 - 6.50	11	32.8	7
1.60 - 1.70	16	59.5	2	6.50 - 6.60	8	23.8	7
1.70 - 1.80	18	66.9	2	6.60 - 6.70	20	59.6	7
1.80 - 1.90	16	56.7	3	6.70 - 6.80	9	26.8	7
1.90 - 2.00	20	70.9	3	6.80 - 6.90	6	17.2	8
2.00 - 2.10	22	78.0	3	6.90 - 7.00	10	28.7	8
2.10 - 2.20	18	63.8	3	7.00 - 7.10	6	17.2	8
2.20 - 2.30	20	70.9	3	7.10 - 7.20	4	11.5	8
2.30 - 2.40	26	92.1	3	7.20 - 7.30	3	8.6	8
2.40 - 2.50	24	85.0	3	7.30 - 7.40	6	17.2	8
2.50 - 2.60	34	120.5	3	7.40 - 7.50	12	34.4	8
2.60 - 2.70	41	145.3	3	7.50 - 7.60	5	14.3	8
2.70 - 2.80	42	148.8	3	7.60 - 7.70	7	20.1	8
2.80 - 2.90	35	118.4	4	7.70 - 7.80	7	20.1	8
2.90 - 3.00	32	108.3	4	7.80 - 7.90	10	27.6	9
3.00 - 3.10	33	111.7	4	7.90 - 8.00	9	24.8	9
3.10 - 3.20	33	111.7	4	8.00 - 8.10	9	24.8	9
3.20 - 3.30	48	162.4	4	8.10 - 8.20	10	27.6	9
3.30 - 3.40	33	111.7	4	8.20 - 8.30	9	24.8	9
3.40 - 3.50	24	81.2	4	8.30 - 8.40	10	27.6	9
3.50 - 3.60	29	98.1	4	8.40 - 8.50	10	27.6	9
3.60 - 3.70	31	104.9	4	8.50 - 8.60	11	30.4	9
3.70 - 3.80	29	98.1	4	8.60 - 8.70	10	27.6	9
3.80 - 3.90	21	68.0	5	8.70 - 8.80	10	27.6	9
3.90 - 4.00	17	55.0	5	8.80 - 8.90	11	29.3	10
4.00 - 4.10	16	51.8	5	8.90 - 9.00	10	26.6	10
4.10 - 4.20	16	51.8	5	9.00 - 9.10	10	26.6	10
4.20 - 4.30	16	51.8	5	9.10 - 9.20	12	32.0	10
4.30 - 4.40	17	55.0	5	9.20 - 9.30	11	29.3	10
4.40 - 4.50	17	55.0	5	9.30 - 9.40	13	34.6	10
4.50 - 4.60	20	64.7	5	9.40 - 9.50	14	37.3	10
4.60 - 4.70	17	55.0	5	9.50 - 9.60	14	37.3	10
4.70 - 4.80	17	55.0	5	9.60 - 9.70	14	37.3	10
4.80 - 4.90	18	55.9	6	9.70 - 9.80	13	34.6	10

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DM-30 (60°)

- M (massa battente)= 30.00 kg - H (altezza caduta)= 0.20 m - A (area punta)= 10.00 cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 35.70 mm

- Numero Colpi Punta N = N(10) [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

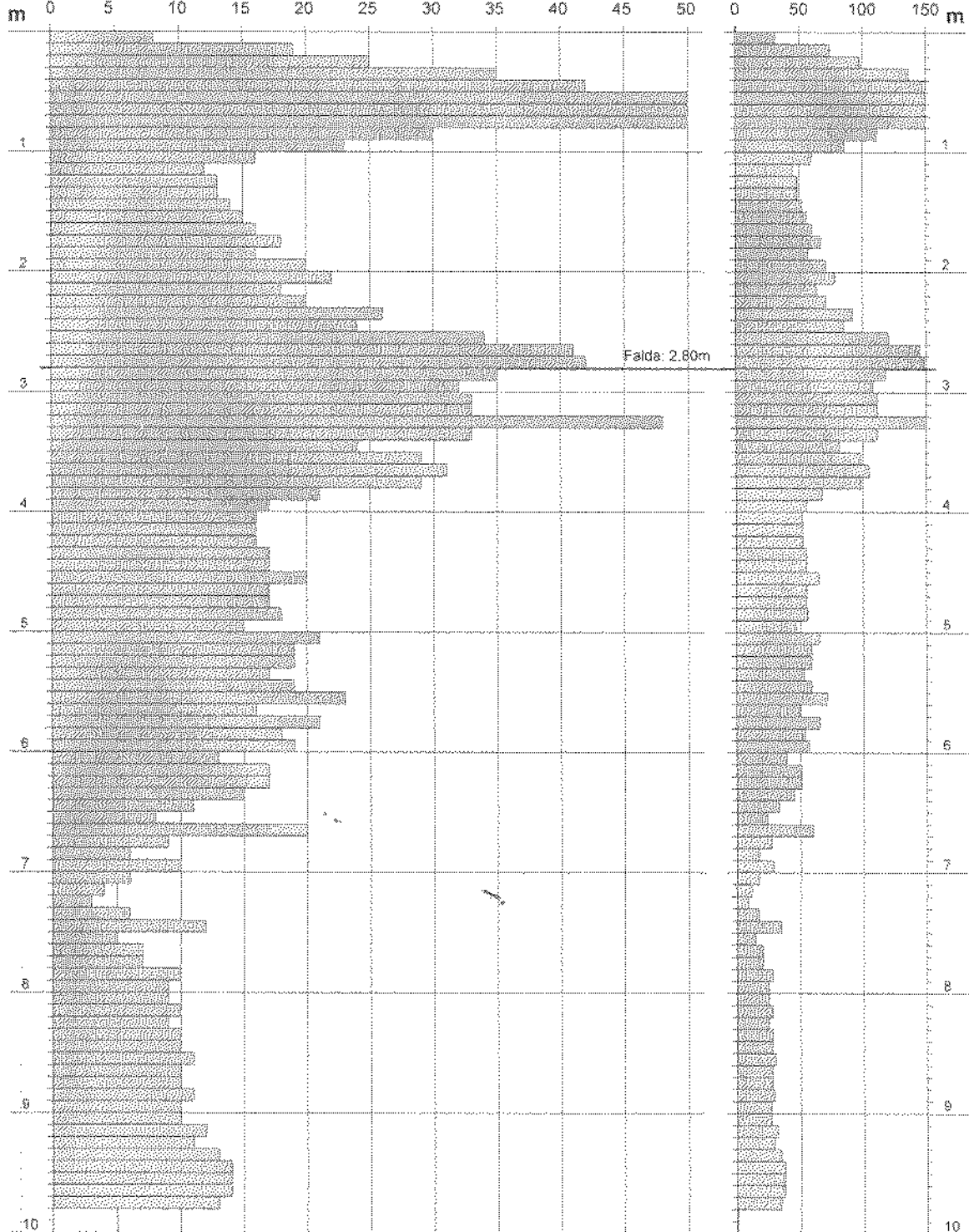
- cantiere : Ampliamento Viale dei Pini  
- lavoro : Indagine geologico-tecnica  
- località : Viale dei Pini

- data prova : 22/08/2007  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
- data emiss. : 23/08/2007

- note :

$N = N(10)$  numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm

Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Ampliamento Viale dei Pini  
- lavoro : Indagine geologico-tecnica  
- località : Viale dei Pini

- data prova : 22/08/2007  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2.80 m da quota inizio  
- data emiss. : 23/08/2007

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	1.10	N	36.5	8	77	22.2	22.8	13.6	59.3	36	0.77	28
			Rpd	141.4	31	301	86.4	90.1	51.3	231.5			
2	1.10	1.70	N	13.8	12	16	12.9	1.5	12.4	15.3	14	0.77	11
			Rpd	51.4	45	60	48.0	5.5	48.0	58.9			
3	1.70	2.50	N	20.5	16	26	18.3	3.3	17.2	23.8	20	0.77	15
			Rpd	73.0	57	92	64.9	11.5	61.5	84.6			
4	2.50	3.90	N	33.2	21	48	27.1	7.0	26.2	40.2	33	0.77	25
			Rpd	113.5	68	162	90.7	25.5	88.0	138.9			
5	3.90	6.00	N	18.0	15	23	16.5	2.0	16.0	20.0	18	0.77	14
			Rpd	56.6	47	71	51.6	5.9	50.7	62.6			
6	6.00	7.00	N	12.6	6	20	9.3	4.6	8.0	17.2	13	0.77	10
			Rpd	37.4	17	60	27.3	13.7	23.6	51.1			
7	7.00	9.80	N	9.6	3	14	6.3	3.0	6.7	12.6	10	0.77	8
			Rpd	26.4	9	37	17.5	7.6	18.8	34.0			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta = 0.77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	
1	0.00	1.10	Terreno vegetale essiccato	28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.10	1.70	Limi sabbiosi	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867	
3	1.70	2.50	Sabbie limose	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	---	---	---	---	
4	2.50	3.90	Sabbie a granulom. grossolana	25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	---	---	---	---	
5	3.90	6.00	Sabbie	14	41.0	31.2	299	1.96	1.53	---	---	---	---	
6	6.00	7.00	Sabbie limose	10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	---	---	---	---	
7	7.00	9.80	Limi sabbiosi	8	28.3	29.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

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

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

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

PESO MASSA BATTENTE	M = 63.50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0.75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	M <sub>s</sub> = 30.00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50.50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20.00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L <sub>a</sub> = 1.00 m
PESO ASTE PER METRO	M <sub>a</sub> = 8.00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P <sub>1</sub> = 0.80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0.20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11.91 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Q <sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1.521$ ( teoricamente : N <sub>spt</sub> = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub> [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta [ area A]  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
 1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
 1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : RISTRUTTURAZIONE EDIFICIO CENTRO SOCIALE NORD- data prova : 08/08/2007  
- lavoro : INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA - quota inizio :  
- località : VIALE DEI PINI - PORTO SAN GIORGIO - prof. falda : 2.00 m da quota inizio  
- data emiss. : 08/08/2007

- note :

Prof. (m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof. (m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0.00 - 0.20	15	111.7	1	5.80 - 6.00	9	45.5	7
0.20 - 0.40	12	89.4	1	6.00 - 6.20	11	55.6	7
0.40 - 0.60	4	29.8	1	6.20 - 6.40	13	65.7	7
0.60 - 0.80	7	52.1	1	6.40 - 6.60	12	60.7	7
0.80 - 1.00	10	69.0	2	6.60 - 6.80	9	45.5	7
1.00 - 1.20	9	62.1	2	6.80 - 7.00	11	52.8	8
1.20 - 1.40	8	55.2	2	7.00 - 7.20	15	72.0	8
1.40 - 1.60	6	41.4	2	7.20 - 7.40	14	67.2	8
1.60 - 1.80	7	48.3	2	7.40 - 7.60	6	28.8	8
1.80 - 2.00	8	51.5	3	7.60 - 7.80	6	28.8	8
2.00 - 2.20	8	51.5	3	7.80 - 8.00	7	32.0	9
2.20 - 2.40	7	45.0	3	8.00 - 8.20	8	36.5	9
2.40 - 2.60	10	64.3	3	8.20 - 8.40	14	64.0	9
2.60 - 2.80	17	109.4	3	8.40 - 8.60	15	68.5	9
2.80 - 3.00	23	138.6	4	8.60 - 8.80	18	73.1	9
3.00 - 3.20	22	132.5	4	8.80 - 9.00	21	91.5	10
3.20 - 3.40	22	132.5	4	9.00 - 9.20	22	95.9	10
3.40 - 3.60	20	120.5	4	9.20 - 9.40	21	91.5	10
3.60 - 3.80	24	144.6	4	9.40 - 9.60	23	100.2	10
3.80 - 4.00	23	130.3	5	9.60 - 9.80	23	100.2	10
4.00 - 4.20	22	124.6	5	9.80 - 10.00	23	95.8	11
4.20 - 4.40	22	124.6	5	10.00 - 10.20	23	95.8	11
4.40 - 4.60	17	96.3	5	10.20 - 10.40	23	95.8	11
4.60 - 4.80	20	113.3	5	10.40 - 10.60	23	95.8	11
4.80 - 5.00	13	69.5	6	10.60 - 10.80	23	95.8	11
5.00 - 5.20	12	64.1	6	10.80 - 11.00	37	147.6	12
5.20 - 5.40	10	53.4	6	11.00 - 11.20	34	135.6	12
5.40 - 5.60	12	64.1	6	11.20 - 11.40	36	143.6	12
5.60 - 5.80	10	53.4	6				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)

- M (massa battente)= 63.50 kg - H (altezza caduta)= 0.75 m - A (area punta)= 20.00 cm<sup>2</sup> - D (diam. punta)= 50.50 mm

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

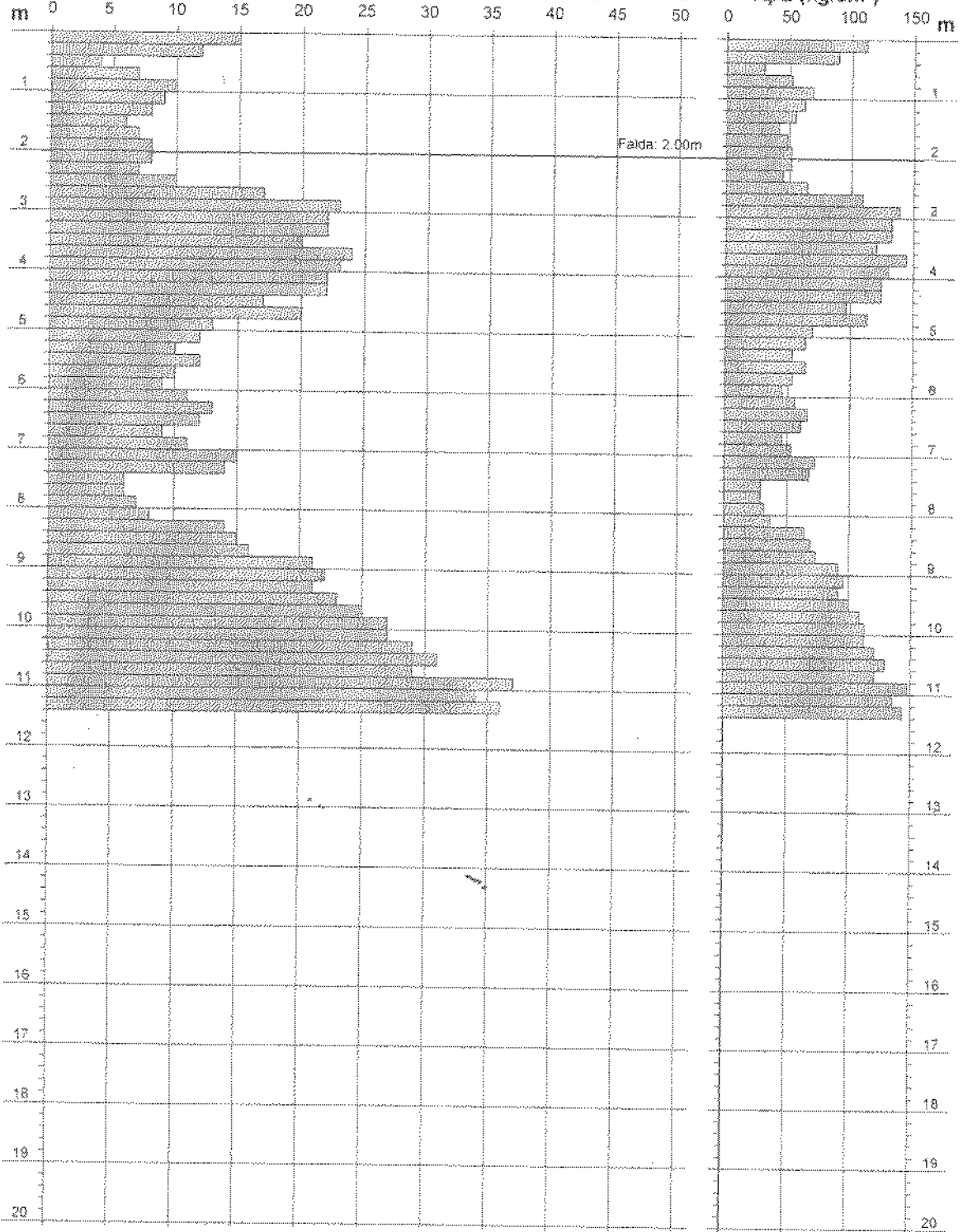
DIN 1

Scala 1: 100

- cantiere : RISTRUTTURAZIONE EDIFICIO CENTRO SOCIALE NORD- data prova : 08/08/2007  
- lavoro : INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA - quota inizio :  
- località : VIALE DEI PINI - PORTO SAN GIORGIO - prof. falda : 2.00 m da quota inizio  
- data emiss. : 08/08/2007

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 20$  cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : RISTRUTTURAZIONE EDIFICIO CENTRO SOCIALE NORD- data prova : 08/08/2007  
- lavoro : INDAGINE GEOLOGICO-TECNICA - quota inizio :  
- località : VIALE DEI PINI - PORTO SAN GIORGIO - prof. falda : 2.00 m da quota inizio  
- data emiss. : 08/08/2007

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	10.3	4	15	7.2	---	---	---	10	1.52	15
			Rpd	77.0	30	112	53.4	---	---	---	75		
2	0.60	2.60	N	8.0	6	10	7.0	1.3	6.7	9.3	8	1.52	12
			Rpd	54.1	41	69	47.7	8.7	45.3	62.8	54		
3	2.60	4.80	N	21.1	17	24	19.0	2.3	18.7	23.4	21	1.52	32
			Rpd	124.3	96	145	110.3	13.9	110.4	138.2	124		
4	4.80	7.40	N	11.6	9	15	10.3	1.9	9.8	13.5	12	1.52	18
			Rpd	59.2	46	72	52.4	8.8	50.4	69.0	61		
5	7.40	8.20	N	6.8	6	8	6.4	---	---	---	7	1.52	11
			Rpd	31.5	29	37	30.2	---	---	---	32		
6	8.20	10.80	N	23.1	14	31	18.5	5.6	17.5	28.7	23	1.52	35
			Rpd	99.2	64	129	81.6	21.0	78.2	120.1	99		
7	10.80	11.40	N	35.7	34	37	34.8	---	---	---	36	1.52	55
			Rpd	142.3	136	148	139.0	---	---	---	144		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	Terreni di riporto	15	---	---	---	---	---	0.94	1.96	29	0.773
2	0.60	2.60	Sabbie limose	12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	---	---	---	---
3	2.60	4.80	Sabbie grossolane con ghiaie	32	67.0	36.5	438	2.06	1.71	---	---	---	---
4	4.80	7.40	Sabbie legg. limose	18	47.0	32.4	330	1.98	1.57	---	---	---	---
5	7.40	8.20	Limi sabbiosi	11	36.5	30.3	276	1.94	1.51	---	---	---	---
6	8.20	10.80	Limi argillosi	35	---	---	---	---	---	2.19	2.20	15	0.415
7	10.80	11.40	Ghiaie e sabbie	55	86.9	41.8	615	2.16	1.87	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO**

**AMPLIAMENTO TRATTO TERMINALE  
VIALE DEI PINI NORD**

**INDAGINE SISMICA PASSIVA**

**A STAZIONE SINGOLA**

mediante tecnica dei rapporti spettrali

**HVSR**

(Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

**Dr. Geol. Graziano Ciferri**

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE

geologo specialista

numero 356 albo sezione A (1993)

*Porto San Giorgio, 13 Maggio 2015*

## PREMESSA

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo, in particolare, individuare le discontinuità sismiche e ricostruire la 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, né 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:

- **frequenza caratteristica di risonanza del sito** , 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 pericolosa per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, quando la misura viene effettuata all'interno dello stesso. Tale misura risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- **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;
- **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 (GeoBox 3CH 24 bit – SS45, *Sara electronic instruments s.r.l*) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 300 Hz, per un tempo di 20 minuti.

Sui terreni di sedime è stata condotta, in data 13 Maggio 2015, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.1 registrazione a stazione singola, denominata **Tr1**.



Foto n.1: Ubicazione prova sismica,

#### **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 di 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 (penetrometrica eseguita 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 ( $V_s$ ) del primo strato nota da altre indagini.

Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti risultati:

## Stazione Tr1

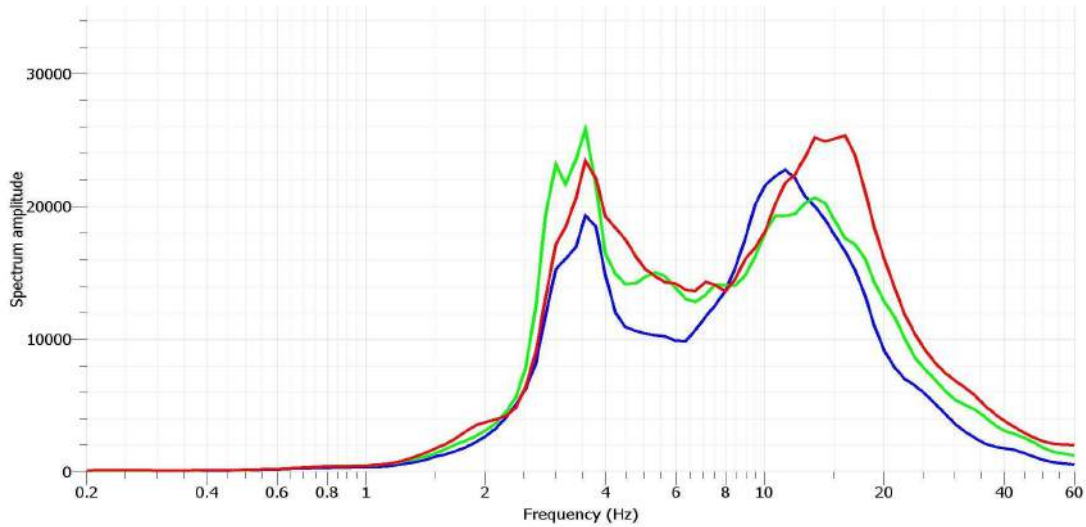


Grafico n.1: spettri di frequenza dei singoli canali,  
 valori medi della componente verticale (traccia blu),  
 valori medi della componente N-S (traccia verde),  
 valori medi della componente E-W (traccia rossa).

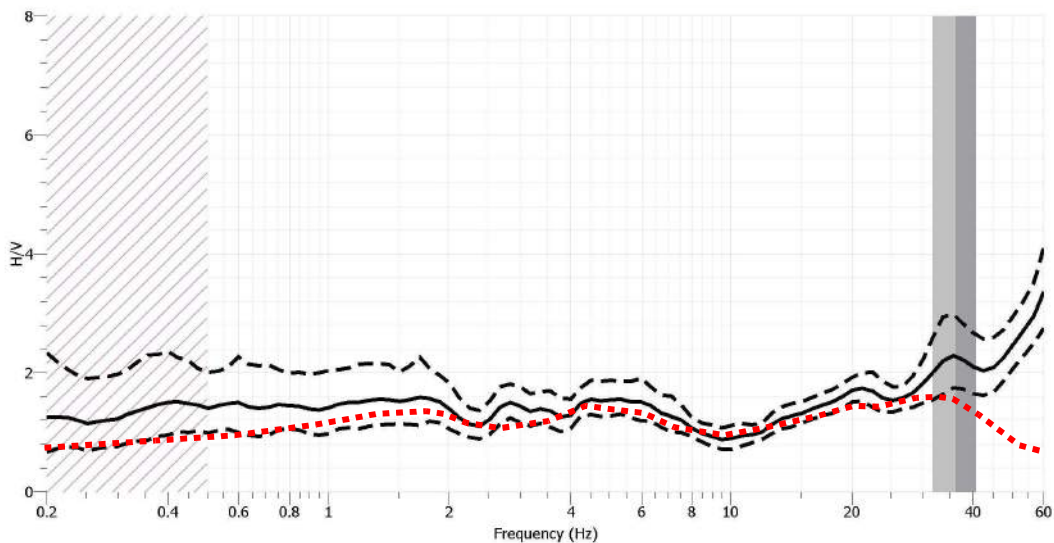


Grafico n.2: curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto (traccia nera continua),  
 deviazione standard delle ampiezze dei valori spettrali (traccia nera tratteggiata),  
 curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo del grafico n.4 (traccia rossa)

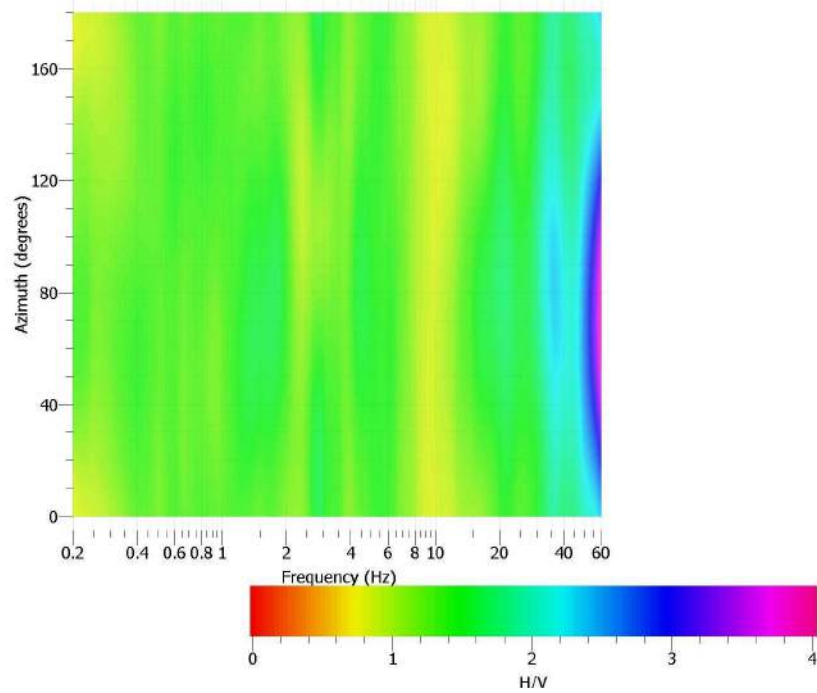


Grafico n.3: Direzionalità del rapporto H/V, valutato nel punto di misura Tr1  
grafico ottenuto dalla produzione di un rapporto H/V per ogni 10° di rotazione  
(in ascisse la frequenza, le ordinate la direzione di provenienza del segnale,  
il colore rappresenta l'ampiezza del rapporto)

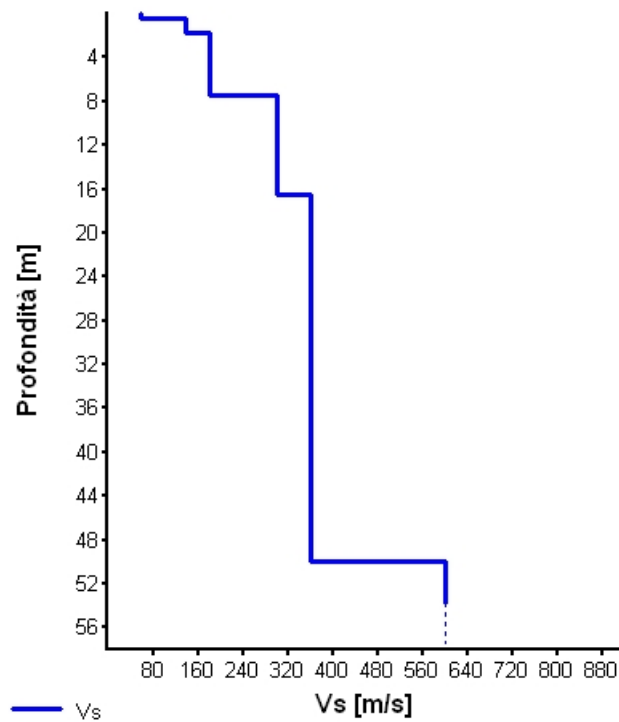


Grafico n.4: modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Spessore (m)	Profondità (m)	Vs (m/s)	Peso per unità di volume (Kg/mc)
0,4	0,4	56	1700
1,3	1,7	136	1850
5,8	7,5	180	1850
9,0	16,5	300	1850
33,5	50,0	360	2100
Inf.	> 50,0	600	2100

Tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la Vs30, tramite la formula:

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

dove

$V_{s,30}$  = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

$H$  = profondità (m) alla quale si desidera stimare  $V_s$  (30 metri in caso di  $V_{s30}$ )

$h_i$  = spessore dello strato  $i$  – esimo (m)

La velocità delle onde Vs a 30 mt, come esplicitamente richiesto dalle **Norme Tecniche per le Costruzioni**, D.M. 14/01/2008, è stata calcolata a partire dal piano campagna, ed è pari a:

$$\mathbf{Vs30}_{[0,0-30,0]} = \mathbf{257,68 \text{ m/s}}$$

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto Sesame (linee guida 2005).

I criteri Sesame permettono di valutare:

- affidabilità della curva HV (criteri da 1 a 3)
- chiarezza del o dei picchi della curva HV (criteri da 4 a 9)

Criterio 1 – Lunghezza finestre ( $T_{10}$ )

Criterio 2 – Numero di cicli

Criterio 3 – Stabilità della curva

Criterio 4 – Picco ben distinto rispetto alle frequenze più basse

Criterio 5 – Picco ben distinto rispetto alle frequenze più alte

Criterio 6 – Ampiezza del picco

Criterio 7 – Affidabilità del picco

Criterio 8 – Stabilità del picco in frequenza

Criterio 9 – Stabilità del picco in ampiezza



<p>Criterion 1  <math>f_0 &gt; 10 / l_w</math>  <math>l_w</math> = window length          60 valid windows out of 60          Fulfillment: OK</p> <p>Criterion 2  <math>nc(f_0) &gt; 200</math>  <math>nc</math> = number of <math>f_0</math> significant cycles  <math>41325.02 &gt; 200</math>          Fulfillment: OK</p> <p>Criterion 3  <math>\sigma_A(f) &lt; 2</math> for <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> if <math>f_0 &gt; 0.5</math> Hz          OR  <math>\sigma_A(f) &lt; 3</math> for <math>0.5f_0 &lt; f &lt; 2f_0</math> if <math>f_0 &lt; 0.5</math> Hz  <math>\sigma_A</math> = standard deviation of AHV          AHV = H/V curve amplitude          Exceeded 0 times in 17          Fulfillment: OK</p> <p>Criterion 4          Exists <math>f</math>- in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>AHV(f-) &lt; A_0 / 2</math>          AHV = H/V curve amplitude  <math>A_0</math> = AHV at <math>f_0</math>  <math>11.97311</math> Hz          Fulfillment: OK</p> <p>Criterion 5          Exists <math>f</math>- in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>AHV(f-) &lt; A_0 / 2</math>          AHV = H/V curve amplitude  <math>A_0</math> = AHV at <math>f_0</math>  <math>0</math> Hz          Fulfillment: Fail</p>	<p>Criterion 6  <math>A_0 &gt; 2</math>  <math>A_0</math> = AHV at <math>f_0</math>  <math>2.21 &gt; 2</math>          Fulfillment: OK</p> <p>Criterion 7  <math>f_{peak}[AHV(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math>          AHV = H/V curve amplitude  <math>\sigma_A</math> = standard deviation of AHV  <math>f_{peak}</math> = peak frequency  <math>6.41\% &gt; 5\%</math>          Fulfillment: Fail</p> <p>Criterion 8  <math>\sigma_{maf} &lt; \epsilon(f_0)</math>  <math>\sigma_{maf}</math> = standard deviation of H/V peak frequency  <math>\epsilon(f_0) = 0.25f_0</math> Hz if <math>f_0 &lt; 0.2</math> Hz  <math>\epsilon(f_0) = 0.20f_0</math> Hz if <math>0.2</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 0.5</math> Hz  <math>\epsilon(f_0) = 0.15f_0</math> Hz if <math>0.5</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 1.0</math> Hz  <math>\epsilon(f_0) = 0.10f_0</math> Hz if <math>1.0</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 2.0</math> Hz  <math>\epsilon(f_0) = 0.05f_0</math> Hz if <math>f_0 &gt; 2.0</math> Hz  <math>21.16085 &gt; 1.72188</math>          Fulfillment: Fail</p> <p>Criterion 9  <math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math>  <math>\sigma_A(f_0)</math> = standard deviation of AHV at <math>f_0</math>          AHV = H/V curve amplitude  <math>\theta(f_0) = 3.0</math> if <math>f_0 &lt; 0.2</math> Hz  <math>\theta(f_0) = 2.5</math> if <math>0.2</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 0.5</math> Hz  <math>\theta(f_0) = 2.0</math> if <math>0.5</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 1.0</math> Hz  <math>\theta(f_0) = 1.78</math> if <math>1.0</math> Hz <math>&lt; f_0 &lt; 2.0</math> Hz  <math>\theta(f_0) = 1.58</math> Hz if <math>f_0 &gt; 2.0</math> Hz  <math>1.3588 &lt; 1.58</math>          Fulfillment: OK</p>
--	--

Nel caso specifico, quindi, per l'area in oggetto è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{s30}$  di **257,68** m/sec, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata e tenendo conto anche delle risultanze delle prove geotecniche eseguite in situ, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 14/01/08) ad una "categoria di suolo di tipo **"C"**, *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Porto San Giorgio, 13 Maggio 2015

Dr. Geol. Graziano Ciferri

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE

geologo specialista

numero 356 albo sezione A (1993)

## 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.

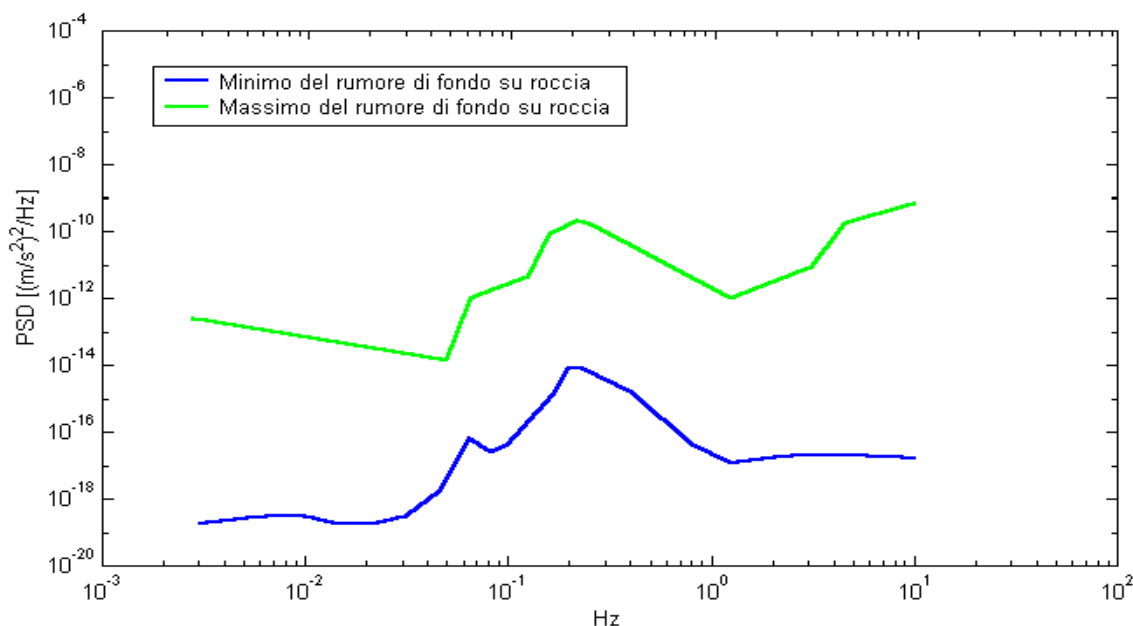


Figura 27. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

#### 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 Vs 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 Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2008).*

**ALLEGATO F – PROGETTO AVI - Archivio Piene**  
**Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità naturali ed idrauliche – 2° edizione anno 1999**  
**Nel Comune di Porto San Giorgio sono stati censiti 10 eventi di piena**

<b>Numero</b>	<b>Località</b>	<b>Data</b>	<b>Ambiente fisiografico</b>	<b>Fiume</b>	<b>Informazioni idrologiche</b>
<b><u>10100017</u></b>	Porto San Giorgio	1/12/1998		F. Ete Vivo	Nella Valmusone sono caduti oltre 70 mm di pioggia in 12 ore. A San Firmano di Montelupone due metri d'acqua
<b><u>8100014</u></b>	Porto San Giorgio - Zona costiera	31/8/1996	Pianura	Fosso di Santa Petronilla	A Marcelli la via litoranea è stata sommersa da circa un metro di acqua.
<b><u>100038</u></b>	Porto San Giorgio	1/12/1982	Pianura		Caduti 78 mm di pioggia a Senigallia in 2 ore (Pluviometro Senigallia).
<b><u>100117</u></b>	Porto San Giorgio - Zona attorno al cimitero	31/12/1972	Collina	F. Ete Vivo	
<b><u>10100007</u></b>	Porto San Giorgio	//1969		Rio Petronilla	
<b><u>100024</u></b>	Porto San Giorgio (Comune di)	5/9/1959	Collina		Pioggia (dati ragguagliati): 234 mm in 1 giorno. Pioggia (valore puntuale) 163 mm in 1 giorno (Pluviometro Ancona). Pioggia (valore puntuale) 234 mm in 1 giorno (Pluviometro Porto Sant'Elpidio). Massima piovosità concentrata tra Porto S. Elpidio e Porto Civitanova con 234 mm in 24 ore. Ad Ancona: 162,8 mm di pioggia (125,6 in 24 ore); al Monte Conero 188 mm di pioggia (124 mm in 24 ore). Intensità orarie di pioggia eccezionali con gravissime conseguenze: ad Ancona (Monte Cappuccini): intensità oraria max di 92 mm e a Porto S. Elpidio di 62,2 mm. In alcuni piccoli corsi d'acqua dei rilievi collinari a ridosso della costa stimati contributi unitari max elevatissimi da 27 mc/sec a Km <sup>2</sup> per un bacino di 6,3 km <sup>2</sup> e 24 mc/sec per un bacino di 2,1 km <sup>2</sup> . E' disponibile in bibliografia una planimetria di Ancona con le direttrici principali della valanga di acqua e fango.
<b><u>100109</u></b>	Porto San Giorgio	24/1/1952	Pianura	F. Tenna	
<b><u>4100093</u></b>	Porto San Giorgio	29/10/1951	Pianura		
<b><u>10100006</u></b>	Porto San Giorgio	//1948		Rio Petronilla	
<b><u>100029</u></b>	Porto San Giorgio	6/9/1947	Pianura		



---

REGIONE MARCHE – L.R. 22 DEL 23/11/2011, ART. 10  
**COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**

DGR N. 53 DEL 27/01/2014

**ASSEVERAZIONE SULLA  
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**  
(Verifica di Compatibilità Idraulica e/o Invarianza Idraulica)

Il/I sottoscritto/i GEOL. CIFERRI GRAZIANO

nato/a a PORTO SAN GIORGIO il 1 SETTEMBRE 1963.

residente a PORTO SAN GIORGIO in via Luigi Galvani n 19

in qualità di: Libero professionista in possesso di laurea in SCIENZE GEOLOGICHE ed iscritto  
all'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE Sez. A n. 356

incaricato, nel rispetto delle vigenti disposizioni che disciplinano l'esercizio di attività professionale,  
dal Comune di Porto San Giorgio con Determina del Dirigente Settore Servizi Tecnici del Territorio  
– Registro di settore n. 270 del 08/05/2015

*(selezionare le voci secondo i casi trattati: sola verifica di compatibilità idraulica, sola invarianza idraulica, entrambe)*

**X di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente strumento di pianificazione del territorio, in grado di modificare il regime idraulico:**

**AMPLIAMENTO TRATTO TERMINALE VIALE DEI PINI NORD, comune di Porto San Giorgio**

**X di definire le misure compensative rivolte al perseguimento dell'invarianza idraulica, per la seguente trasformazione/intervento che può provocare una variazione di permeabilità superficiale:**

**AMPLIAMENTO TRATTO TERMINALE VIALE DEI PINI NORD, comune di Porto San Giorgio**



### DICHIARA / DICHIARANO

di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.

che l'area interessata dallo strumento di pianificazione

non ricade

ricade parzialmente

ricade integralmente

nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).

di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:

Preliminare;

Semplificata;

Completa.

di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Preliminare, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.

di avere adeguatamente motivato l'utilizzo della sola Verifica Semplificata, senza necessità della Verifica Completa.

in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.

che lo strumento di pianificazione/trasformazione/intervento ricade nella seguente classe (rif. Tab. 1, Titolo III, dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale) – barrare quella maggiore:

trascurabile impermeabilizzazione potenziale;

modesta impermeabilizzazione potenziale;

significativa impermeabilizzazione potenziale;

marcata impermeabilizzazione potenziale.

di aver definito le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica, conformemente ai criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che la valutazione delle misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

che le misure volte al perseguimento dell'invarianza idraulica sono quelle migliori conseguibili in funzione delle condizioni esistenti, ma inferiori a quelli previsti per la classe di appartenenza (rif. Tab. 1, Titolo III), ricorrendo le condizioni di cui al Titolo IV, Paragrafo 4.1.



### ASSEVERA / ASSEVERANO

la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.

la compatibilità tra la trasformazione/intervento previsto e il perseguimento dell'invarianza idraulica, attraverso l'individuazione di adeguate misure compensative, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

Porto San Giorgio, 13 Maggio 2015

Il dichiarante

*Dr. Geol. Graziano Ciferri*

