



# COMUNE DI PORTO S.ELPIDIO

(Provincia di Fermo)

IMPIANTO DI SELEZIONE DEI MATERIALI PROVENIENTI DALLA  
RACCOLTA DIFFERENZIATA  
MODIFICA SOSTANZIALE - REALIZZAZIONE INTERVENTI IN  
VARIANTE AL PRG

*Località: Via Elpidiense Km 4+100*

Committente: Soc.ECO ELPIDIENSE S.r.l.

## Indagine geologica e geomorfologica

### Relazione

DATA **Settembre 2016**



Studio Tecnico - Geologico **Dr.Geol. ALBERTO CONTI**  
Via IV Novembre n°4  
63821 PORTO S.ELPIDIO (FM)  
Tel. e Fax 0734.992263 email: [geol.albertoconti@tin.it](mailto:geol.albertoconti@tin.it)

*Timbro e firma del tecnico*

*Firma del committente*

### **Indice**

|   |        |
|---|--------|
| 1 - Premessa.....   | pag. 2 |
| 2 - Lineamenti geologici e geomorfologici.....  | pag. 3 |
| 3 - Carta del rischio con indicazione delle aree esondabili e dei dissesti (PAI)..... | pag. 4 |
| 4 - Caratteri litologico-tecnici.....   | pag. 4 |
| 5 - Vulnerabilità degli acquiferi sotterranei.....                                    | pag. 5 |
| 6 - Caratteristiche sismiche.....   | pag. 5 |
| 7 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....                        | pag. 6 |
| 8 - Carta della pericolosità geologica o vocazionalità.....                           | pag. 7 |
| 9 - Conclusioni.....  | pag. 8 |

La presente relazione è composta da n° 8 pagine e dai seguenti allegati:

|   |                |
|---|----------------|
| Tav. 1 - Corografia   | scala 1:5.000  |
| Tav. 2 - Carta geomorfologica   | scala 1:1000   |
| Tav. 3 - Carta del rischio con indicazione delle aree esondabili e dei dissesti (PAI) | scala 1:10.000 |
| Tav. 4 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica                        | scala 1:1000   |
| Tav. 5 - Carta della vocazionalità  | scala 1:1000   |
| Tav. 6 - Sezione geolitologica  | scala 1:500    |

#### *Documentazione reperita*

- *certificati prova penetrometrica statica E-CPT*
- *relazione indagine sismica passiva HVSR*
- *stratigrafia*
- *certificati delle prove di laboratorio*

COMUNE DI PORTO S. ELPIDIO

Provincia di Fermo

*IMPIANTO DI SELEZIONE DEI MATERIALI PROVENIENTI DALLA RACCOLTA  
DIFFERENZIATA*

*Loc. Via Elpidiense Km 4+100*

*MODIFICA SOSTANZIALE - REALIZZAZIONE INTERVENTI IN VARIANTE AL  
PRG*

Indagine geologico-geomorfologica e sismica

Committente: Soc. Eco Elpidiense s.r.l.

**1 - PREMESSA**

La presente relazione contiene i risultati dello studio geologico-geomorfologico e sismico finalizzato alla realizzazione di alcuni interventi, nell'area interessata dall'Impianto di Selezione dei materiali provenienti dalla Raccolta Differenziata, in variante al PRG. Il sito è ubicato in Via Elpidiense nel Comune di Porto S. Elpidio.

Verranno realizzati una pesa e un piazzale per lo stoccaggio dei materiali di lavorazione.

Lo studio è stato sviluppato attraverso un accurato rilievo dei luoghi, e facendo riferimento ai dati derivanti da diverse campagne investigative mirate alla caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei litotipi presenti nella zona in oggetto.

La zona in questione è posta nella porzione apicale della valle del fosso dell'Albero, in sponda sinistra, su un'area a debole pendenza.

Gli studi effettuati sono compendati nella presente relazione e nei seguenti elaborati:

|   |                |
|---|----------------|
| Tav. 1 - Corografia   | scala 1:5.000  |
| Tav. 2 - Carta geomorfologica   | scala 1:1000   |
| Tav. 3 - Carta del rischio con indicazione delle aree esondabili e dei dissesti (PAI) | scala 1:10.000 |
| Tav. 4 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica                        | scala 1:1000   |
| Tav. 5 - Carta della vocazionalità  | scala 1:1000   |
| Tav. 6 - Sezione geolitologica  | scala 1:500    |

## **2 – LINEAMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI**

L'esame della Carta Geomorfologica consente di verificare la dislocazione dell'intervento in progetto all'interno del territorio comunale e la sua eventuale interferenza con processi geomorfologici in atto. E' stata redatta attraverso il riconoscimento, in campagna, delle forme e dei processi connessi con la gravità, con le acque correnti superficiali e l'azione antropica.

L'area oggetto di studio, posta alla quota di circa 90-95 m.s.l.m., è situata nella porzione apicale del bacino del fosso dell'Albero, in sponda sinistra, nella parte terminale del versante.

La zona è compresa nella porzione centro meridionale del Bacino Marchigiano Esterno, caratterizzato dalla presenza delle unità terrigene del ciclo sedimentario plioleistocenico. Tale ciclo è costituito prevalentemente da associazioni pelitiche intercalate, a varie altezze, da corpi arenaceo-sabbiosi e sabbioso-argillosi. Il tetto di tale ciclo è costituito da depositi arenaceo-sabbiosi e conglomeratici che testimoniano l'ultima regressione marina. In generale l'area di cui all'oggetto è caratterizzata da una tipica sequenza sedimentologica negativa data dalla presenza, a partire dai sedimenti più recenti, da associazioni arenaceo-conglomeratiche, arenaceo-sabbiose e argillose. Nell'area esaminata una cospicua coltre colluviale maschera la sottostanti unità marine costituite, prevalentemente, da associazioni pelitiche e pelitico-sabbiose.

L'area interessata dagli interventi in progetto presenta una debole pendenza verso sud fino a diventare, in prossimità del fosso, pressoché pianeggiante. I rilievi effettuati non hanno evidenziato, all'interno dell'area direttamente coinvolta dalla variante, la presenza di forme, indizi e strutture geomorfologiche dovute a processi gravitativi in atto o avvenuti in passato, per cui l'area può ritenersi stabile.

### **2.1. - Fasce clivometriche**

L'esame diretto dell'area e sulla base della cartografia disponibile ha permesso di accertare che l'area in esame non presenta una morfologia con pendenze uguali o superiori al 30% .

### 3 – CARTA DEL RISCHIO CON INDICAZIONE DELLE AREE ESONDABILI E DEI DISSESTI (PAI)

Tale elaborato è stato redatto sulla base delle indicazioni provenienti dal Piano per l'Assetto Idrogeologico delle Marche. Difatti il PAI definisce delle aree con vari gradi di rischio in funzione delle pericolosità di alcuni processi geomorfologici presenti e dell'esposizione delle strutture/manufatti e vite umane. Come evidenziato nella cartografia allegata (Tav. n°3) **l'area presa in considerazione è esclusa da tali ambiti di rischio.**

### 4 – CARATTERI LITOLOGICO-TECNICI

Di seguito vengono riportate, per l'area in esame, le principali caratteristiche litostratigrafiche e alcuni parametri geotecnici derivanti dalle indagini effettuate in passato nella zona.

*dal piano campagna alla profondità di 0,80 – 1,00 ml*

a) Terreno vegetale

*dalla profondità di 1,00 ml alla profondità variabile da 9,00 (S1) a 11,00 ml (S2)*

b) Sedimenti limoso-argillosi di colore variabile dal marrone al brunastro. Sono stati osservati frustoli vegetali e orizzonti di concrezioni di carbonato di calcio. Si intercalano livelli decimetrici di limi-sabbiosi. Il grado di consistenza è buono.

*dalla profondità di 9,00 - 11,00 fino alla profondità di 17,50- 18,00 ml*

c) Limi sabbiosi prevalenti, giallo-marroni, con rari ciottoli e livelli sabbiosi. Si rinvennero livelli argillosi dello spessore di 1,00 - 1,50 ml.

*dalla profondità di 17,50 - 18,00 fino alla profondità di 19,00(S1) - 19,50 ml(S2)*

d) Sabbie giallo-avana con ciottoli eterometrici ed eterogenei.

*dalla profondità di 19,00-19,50 ml*

e) Argille grigiastre asciutte e consistenti con sottili intercalazioni sabbioso-limose. Rappresenta l'unità marina del substrato e possiede uno spessore pari a diverse decine di ml.

Per i litotipi in questione posso essere attribuiti i seguenti parametri medi :

$\gamma$  [t/mc]: peso di volume = 2,00

$\phi$  [gradi]: angolo di attrito interno =  $23^\circ(b) - 25^\circ(e) - 27^\circ(c) - 30^\circ(d)$

$Cu$  [t/mc]: coesione non drenata =  $9 - 18(b) - 22(e)$

## 5 - VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI SOTTERRANEI

La zona in oggetto, sotto il profilo idrogeologico, è costituita da una abbondante coltre colluviale caratterizzata prevalentemente da sedimenti argillosi e subordinatamente limoso-sabbiosi. Al contatto con i depositi marini del substrato è presente un orizzonte sabbioso-ciottoloso (spessore 1,50 ml) derivante dal disfacimento delle unità sabbiose e conglomeratiche di tetto affioranti lungo la cresta del bacino del fosso dell'Albero. La coltre colluviale, soprattutto nei primi 9-10 ml prevalentemente argillosi è pressochè impermeabile (*certificati delle prove di laboratorio*), i livelli limoso-sabbiosi permettono la formazione di modestissimi accumuli d'acqua sospesi e il livello sabbioso-ciottoloso, al contatto con la formazione marina argillosa da luogo ad una modesta falda acquifera.

Difatti le indagini eseguite, spinte fino la profondità di circa 22,00 dal piano campagna, non hanno evidenziato la presenza di importanti falde acquifere.

Modeste infiltrazioni idriche sono state rinvenute all'interno della coltre colluviale in prossimità degli orizzonti caratterizzati da abbondanti concrezioni di carbonato di calcio e limoso-sabbiosi (profondità variabili da 5,00-6,00 a 13-14 ml dal piano campagna) mentre una modesta falda acquifera è stata rilevata all'interno dell'orizzonte sabbioso-ciottoloso, al contatto con il substrato argilloso marino, alla profondità di circa 18,00 ml dal p.c..

La presenza in superficie del cospicuo corpo prevalentemente argilloso rende, localmente, molto bassa la vulnerabilità della modesta falda acquifera

## 6 - CARATTERISTICHE SISMICHE

In base alla classificazione sismica individuata dalla Regione Marche ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003, approvata con D.G.R. n.1046 del 29/07/2003, il Comune di Porto S. Elpidio ricade all'interno della Zona Sismica 2.

Nell'area in questione sono state effettuate delle misure tomografiche del rumore sismico ambientale (microtremore) utilizzando una stazione sismica digitale compatta equipaggiata con sismometro a banda larga ed ad alta sensibilità costituito da una terna di tre velocimetri a breve periodo smorzati criticamente (TROMINO® della Micromed S.p.a.). Le informazioni relative al sottosuolo sono state ottenute adottando la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) elaborata e perfezionata da Kanai (1957), Nogoshi e Igarashi (1970) e reso popolare soprattutto da Nakamura (1989). Tale metodologia si basa sulla definizione dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale del rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre e generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento), dall'attività antropica e dall'attività dinamica terrestre. E' oramai ampiamente riconosciuto che l' HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze di risonanza dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica. La stima dell'andamento delle Vs nel sottosuolo avviene, mediante un appropriato metodo d'inversione, utilizzando la nota relazione esistente tra la risonanza, la Vs ed H quando è nota la profondità di un orizzonte stratigrafico riconoscibile anche nella curva H/V:  $F_0$  risonanza =  $V_s / (4H)$ . Tutti i dati acquisiti in campagna sono stati analizzati e trattati utilizzando il software Grilla® in dotazione al TROMINO® impiegato (*relazione indagine sismica allegata*). L'interpretazione della prova sismica effettuata con il tomografo digitale permette di determinare la frequenza caratteristica di risonanza del sito, la quale rappresenta un parametro importante per il corretto dimensionamento delle strutture in termini di risposta sismica locale. La conoscenza di tale dato risulta importante al fine di evitare di realizzare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno e che in caso di sisma possono essere soggette all'effetto di "doppia risonanza" che potrebbe comprometterne la stabilità stessa.

Per il sito in esame l'indagine ha individuato una frequenza di risonanza pari a **5,16 Hz**. La  $V_{S_{30}}$ , è risultata pari a **337 m/sec** e quindi secondo la tab. 3.2.II della normativa, il sottosuolo appartiene alla categoria **C**.

## **7 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA**

Tale carta costituisce la sintesi di tutte le informazioni di base (geologico-geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e geofisiche) derivate dagli studi effettuati, necessarie per la definizione del modello di sottosuolo e funzionali agli studi di microzonazione sismica di 1° livello (OPCM 13.01.2010 n° 3907).

In funzione delle informazioni di base acquisite, nella seguente carta è stata distinta e riportata un'unica tipologia di zona:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale;
  
- **Punti di misura di rumore ambientale (HVSr)**

### **7.1 - Zone stabili suscettibili di amplificazione locale**

E' stata evidenziata una sola classe per le zone stabili suscettibili di amplificazione locale riguardanti schemi stratigrafici coperture( $h > 3$  ml)-substrato (classe 2001). Nel caso specifico abbiamo la copertura (coltre limoso-argilloso-sabbiosa) di spessore massimo pari a 19,00 ml poggiate sul substrato.

Il substrato presente è costituito da depositi coesivi stratificati (argille NR-COS) ed è classificabile come non rigido.

Nella tabella che segue vengono riportati i risultati dell'indagine sismica passiva a stazione singola reperita dalla quale si evidenzia la frequenza di picco nel sito investigato e l'entità del contrasto (picco H/V) in relazione ai vari rapporti stratigrafici individuati nell'area

| Frequenza di picco $f_0$ (Hz) | Picco H/V |
|-------------------------------|-----------|
| 5.16                          | 2,0       |

## **8 – CARTA DELLA VOCAZIONALITA' GEOLOGICA**

Nella Tav. 5 sono stati riassunti gli elementi e i dati emersi dalle varie analisi effettuate nel corso della presente indagine che hanno portato ad una definizione dei caratteri del territorio esaminato sotto l'aspetto geologico-geomorfologico, idrogeologico e sismico. Secondo quanto suddetto, nell'area interessata dallo studio in oggetto si è cercato di



individuare e classificare diverse zone caratterizzate da differenti gradi di pericolosità o vocazionalità geologica.

Per l'area interessata dagli interventi in progetto è possibile indicare una **buona vocazionalità geologica**.

L'area interessata dalla variante è in parte pianeggiante e in parte presenta una debole pendenza verso sud.

L'area in questione non rientra tra le aree classificate dal Piano per l'Assetto Idrogeologico delle Marche a rischio frana (Tav. 3).

#### *8.1. Realizzazione opere in progetto*

Con la variante in oggetto verranno realizzati una pesa e un piazzale per lo stoccaggio dei materiali di lavorazione.

Per quanto riguarda le fondazioni delle singole strutture non si ravvisa la necessità di particolari prescrizioni.

Relativamente alla realizzazione della pesa si dovrà tener conto del tipo di struttura; considerate le informazioni ricevute è possibile ipotizzare un fondazione di tipo superficiale impostata all'interno della coltre limoso-argillosa.

Per quanto riguarda la predisposizione del nuovo piazzale per lo stoccaggio dei materiali è consigliabile che il modesto rilevato, che si verrà a creare nella parte valle, venga realizzato con idoneo materiale (miscela limo-sabbia-argilla), rullato in strati con spessore non superiore a 30 cm per raggiungere una densità pari al 95% della massima proctor. L'imposta dovrà necessariamente prevedere la scarifica del terreno vegetale e la realizzazione di "piazzole" di appoggio in contropendenza rispetto al versante.

## **9 – CONCLUSIONI**

Gli studi e le indagini effettuate permettono di affermare che l'area in oggetto è idonea, sotto il profilo geologico-geomorfologico e sismico, ad essere interessata dalla variante in progetto.

Porto S. Elpidio Settembre 2016

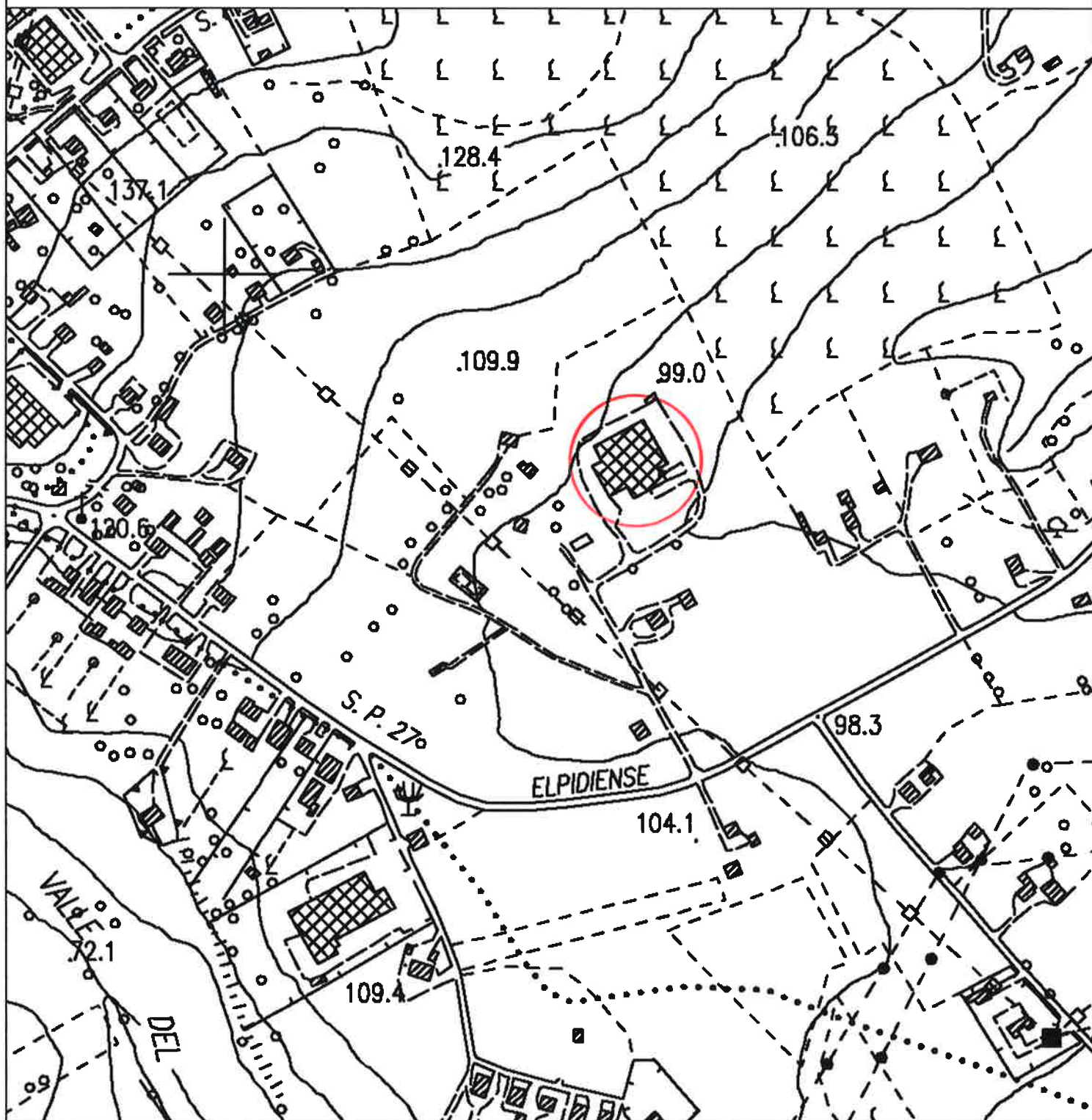
Dr. Geol. Alberto Conti

# COROGRAFIA

# Tav. 1



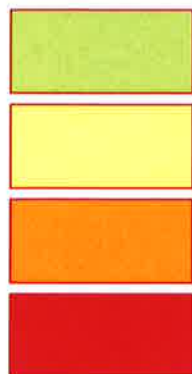
Scala 1:5.000





# CARTA DEL RISCHIO CON INDICAZIONE DELLE AREE ESONDABILI E DEI DISSESTI (PAI)

## AREE A RISCHIO FRANA



Rischio moderato (R1)

Rischio medio (R2)

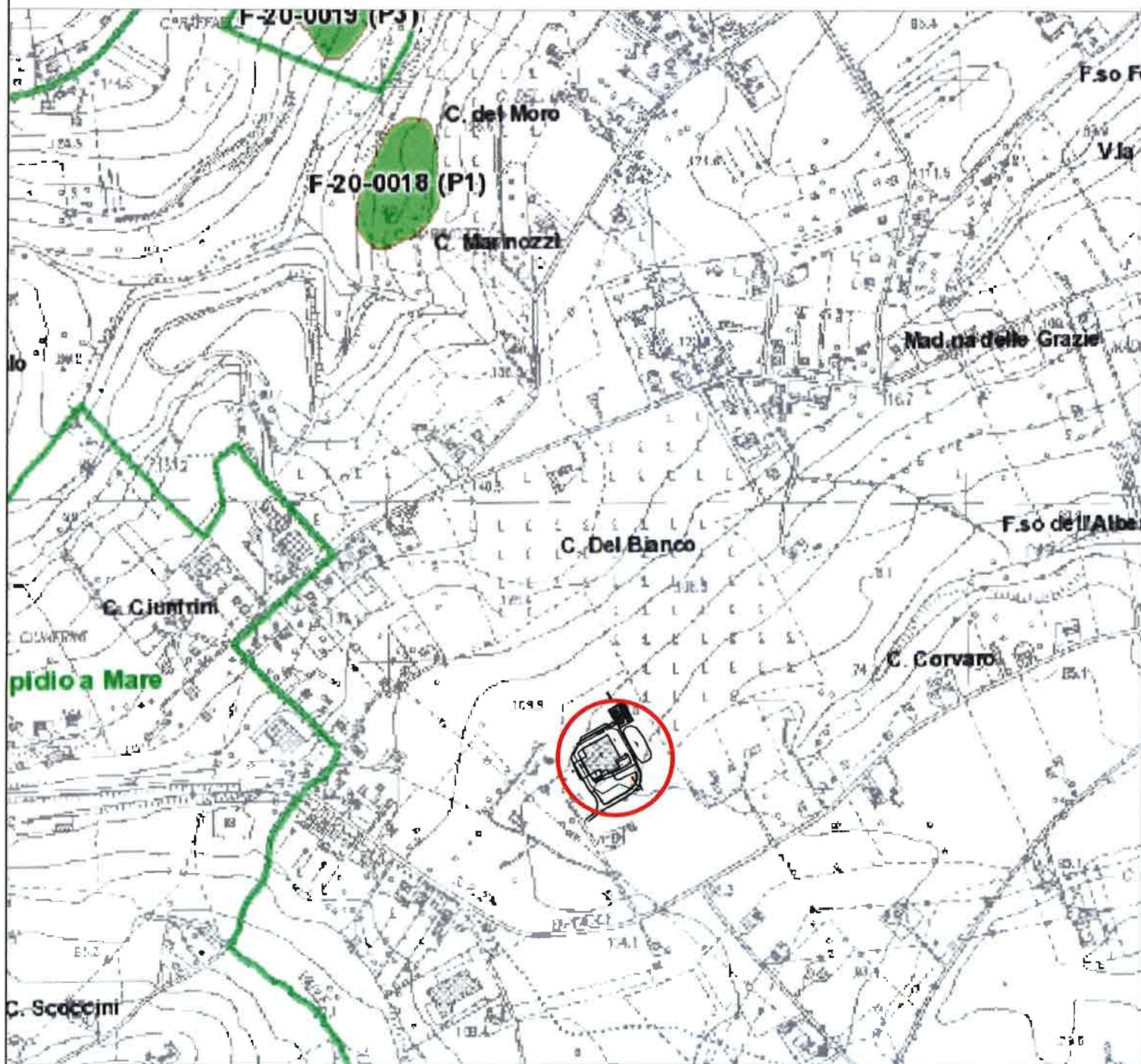
Rischio elevato (R3)

Rischio molto elevato (R4)



Area in oggetto

Scala 1:10.000





# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA O VOCAZIONALITA'

## LEGENDA

Scala 1:1000



Grado di vocazionalità: buono

### INDAGINI REPERITE



Prova penetrometrica statica E-CPT1



Sondaggio geognostico S1



Indagine sismica passiva a stazione singola HVSR



Traccia sezione

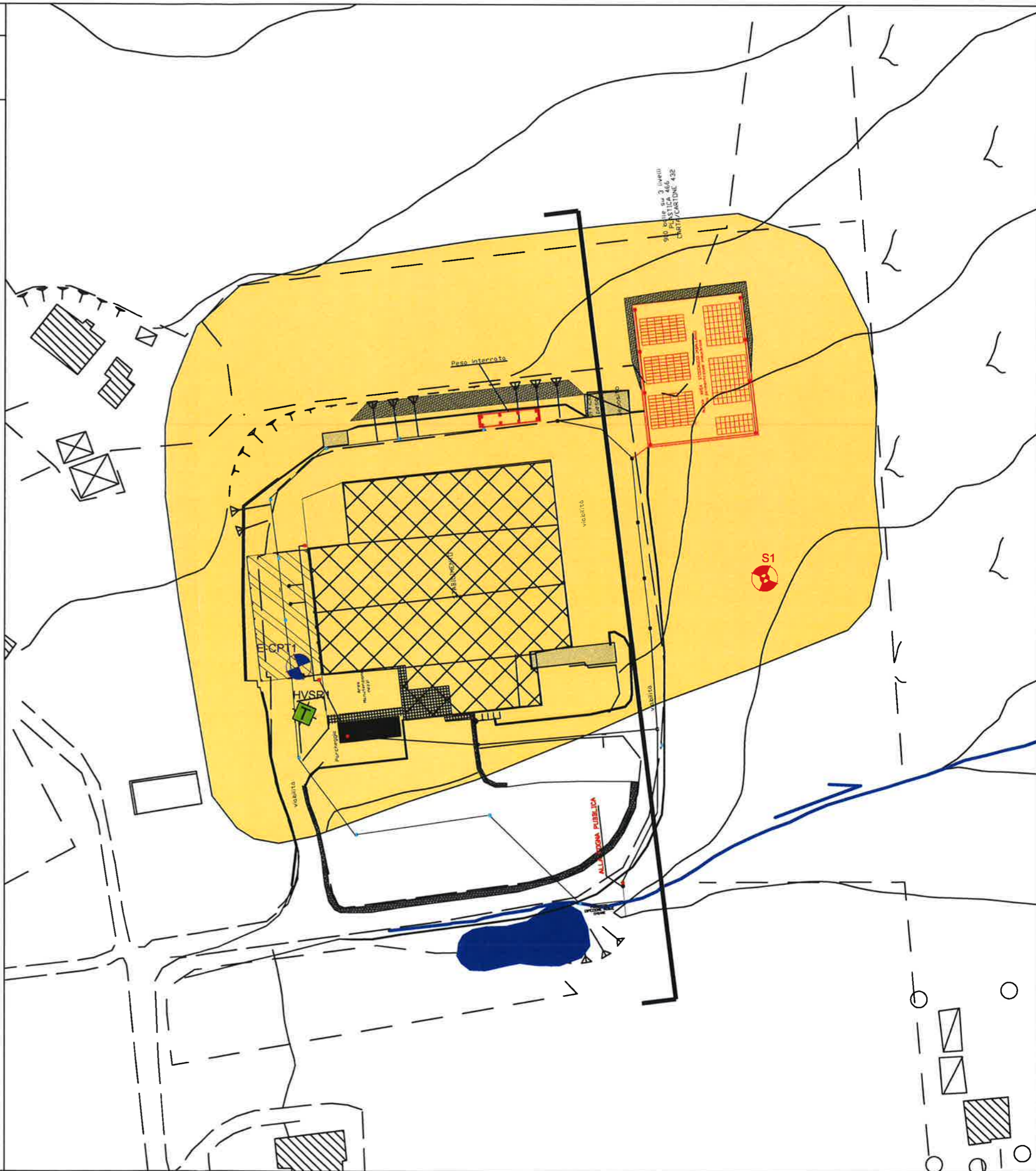
### Opere da realizzare in variante al PRG



Piazzale stoccaggio



Pesa



# SEZIONE GEOLITOLOGICA



Coltre colluviale

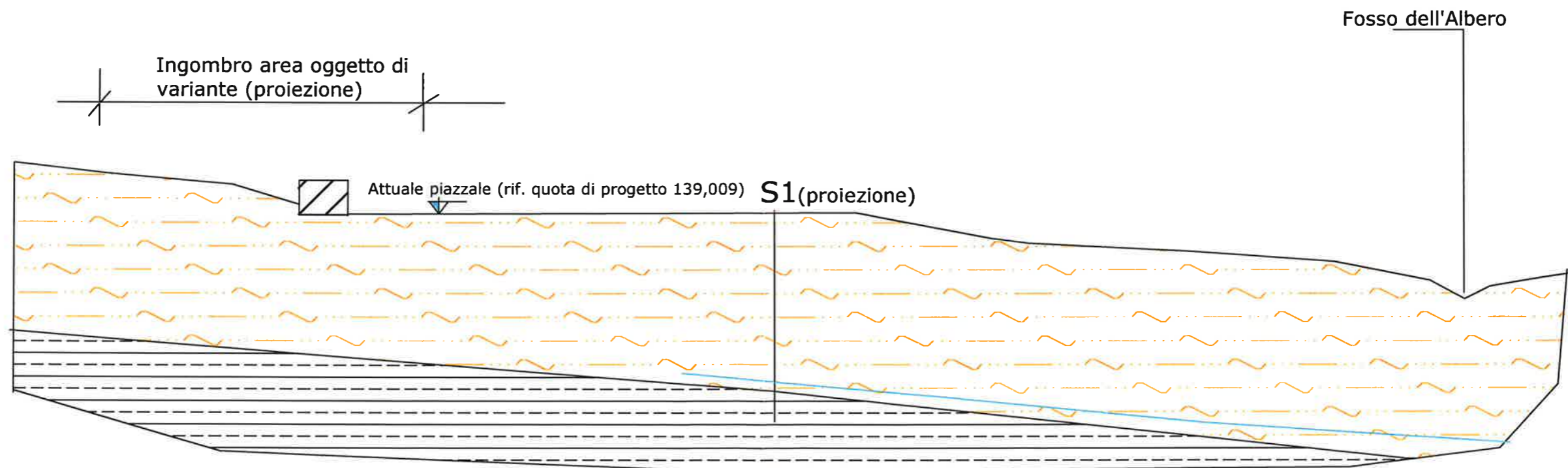


Argille marine



Livello della falda

Scala 1:500



COMUNE DI PORTO S. ELPIDIO

Provincia di Fermo

*IMPIANTO DI SELEZIONE DEI MATERIALI PROVENIENTI DALLA RACCOLTA  
DIFFERENZIATA*

*Loc. Via Elpidiense Km 4+100*

*MODIFICA SOSTANZIALE – REALIZZAZIONE INTERVENTI IN VARIANTE AL  
PRG*

Indagine geologico-geomorfologica e sismica

Committente: Soc. Eco Elpidiense s.r.l.

## *DOCUMENTAZIONE REPERITA*

*Prova penetrometrica statica E-CPT, indagine sismica passiva HVSR (2012) – Stratigrafia e certificati delle prove di laboratorio (1998)*



COSTRUZIONE FABBRICATO  
Loc. Cretarola  
Comune di PORTO S.ELPIDIO (FM)



**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT**



**Geodrill** s.a.s.

Dr. Geol. Valeriano Bassani & C.

**SERVIZI GEOLOGICI**

Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888

60043 Cerreto d'Esse (AN)

P. IVA: 02334920424

E-Mail: a\_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esse, il 08 settembre 2012

COMMITTENTE: Eco Elpidiense

CANTIERE: Ex Marcaccio - Porto S. Elpidio

**PROVA E-CPT: SCHEDA TECNICA E LEGENDA**

**caratteristiche tecniche del penetrometro**

Tipo di attrezzatura: penetrometro statico PAGANI semovente TG 63-100 standard

Capacità di spinta: 100 kN

**Punta digitale PAGANI**

| Sensori di misura             |         | Dimensioni                            |          |
|-------------------------------|---------|---------------------------------------|----------|
| Resistenza di punta ( $q_c$ ) | 50 Mpa  | Apertura cono                         | 60°      |
|                               |         | Area punta                            | cmq. 10  |
| Attrito laterale ( $f_s$ )    | 0,5 Mpa | Rapporto delle aree di punta (a)      | 0,58     |
|                               |         | Area manicotto di attrito             | cmq. 150 |
| Pressione nei pori (u)        | 2,5 Mpa | Rapporto delle aree del manicotto (b) | 0,014    |
|                               |         | Diametro                              | mm. 36   |
| inclinazione                  | 0°-20°  | Peso                                  | Kg. 3,5  |
|                               |         | Lunghezza totale                      | mm. 855  |

**legenda per la rappresentazione grafica**

$f_s$  = resistenza specifica locale al manicotto

$q_c$  = resistenza specifica al cono statico

$R_f$  = rapporto della resistenza ( $f_s/q_c$ )

Tilt = inclinazione

**legenda per la caratterizzazione geomeccanica**

$q_c$  = resistenza specifica al cono statico

$q_{cm}$  = resistenza specifica al cono statico media per quel determinato strato

$\sigma_{v\text{eff}}$  = pressione verticale efficace (stima)

$D_r$  = densità relativa (Lancellotta, 1983)

$\phi$  = angolo di attrito (Caquot, Koppejan, De Beer, Schmertmann)

E = modulo di Young (Robertson & Campanella, 1983)

$C_u$  = coesione non drenata (Terzaghi,  $((q_{cm} - \sigma_{v\text{eff}})/N_k)$ ; Lunne, Robertson, Powell 1977)

M = modulo di deformazione edometrica (metodo generale del modulo edometrico; Buisman)

$V_s$  = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

$M_t$  = modulo di deformazione al taglio (Imai & Tomachi)

$E_u$  = modulo di deformazione non drenato (Cancelli 1980)



**Geodrill** s.a.s.  
Dr Geol. Valeriano Bassani & C.  
**SERVIZI GEOLOGICI**  
Via Roma, 14 Tel/Fax 0732678888  
60043 Cerreto d'Esio (AN)  
P. IVA: 02334920424  
E-Mail: a\_geodrill@libero.it

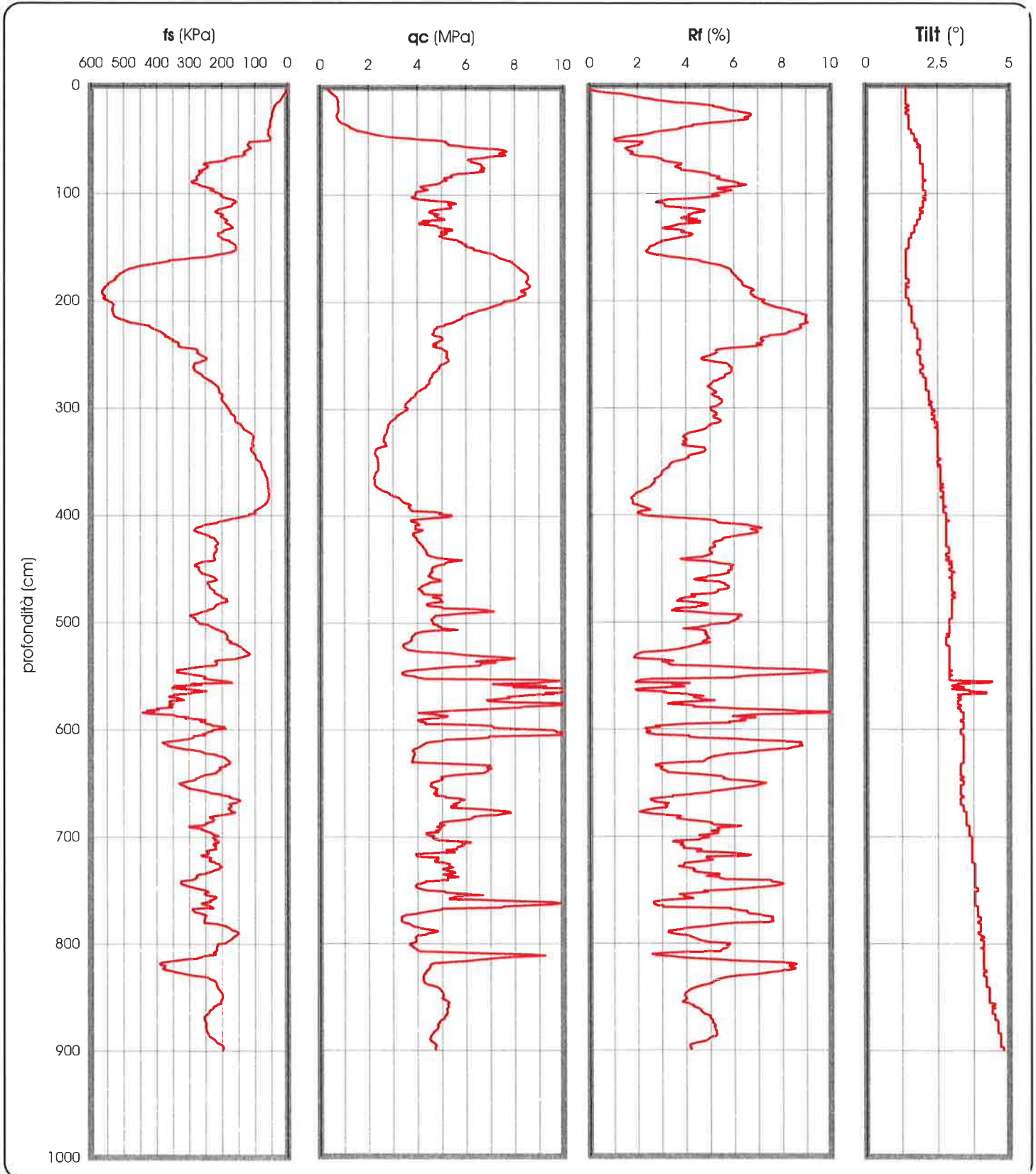
Cerreto d'Esio, il 08 settembre 2012

COMMITTENTE: Eco Elpidiense  
CANTIERE: Ex Marcaccio - Porto S. Elpidio

PROVA Ps1 del 06/09/2012

PROF.: 8,99 m

**PROVA PENETROMETRICA STATICA E-CPT: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**





**COSTRUZIONE FABBRICATO**  
**Loc. Cretarola**  
**Comune di PORTO S.ELPIDIO (FM)**



**RELAZIONE INDAGINE SISMICA PASSIVA**

## INDICE

|   |        |
|---|--------|
| 1 - Premessa  | pag. 2 |
| 2 - Strumentazione impiegata                        | pag. 3 |
| 3 - Definizioni                                     | pag. 3 |
| 4 - Ubicazione delle misure e acquisizione dei dati | pag. 3 |
| 5 - Procedura di analisi per stazioni singole H/V   | pag. 4 |
| 6 - Conclusioni                                     | pag. 8 |

La presente relazione è composta da n°8 pagine

# COMUNE DI PORTO SANT'ELPIDIO

PROVINCIA DI FERMO

## REALIZZAZIONE NUOVO FABBRICATO

### INDAGINE SISMICA PASSIVA: MISURA DEI MICROTREMORI

Committente: ECO ELPIDIENSE S.r.l

#### 1 - PREMESSA

Sul suolo nelle vicinanze dello stabilimento di selezione della Ecoelpidiense S.r.l., sita in comune di Porto Sant'Elpidio in Strada Corvese, è stata condotta un'indagine sismica passiva a stazione singola.

La tecnica utilizzata è basata sui rapporti spettrali o HVSR [Horizontal to Vertical Spectra Ratio]. Essa è totalmente non invasiva, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque<sup>1</sup>. I risultati delle registrazioni sono utilizzati per determinare la frequenza caratteristica di risonanza del sito. Questa rappresenta un parametro fondamentale per la progettazione di edifici in termini di risposta sismica locale; i progettisti, infatti, devono adottare adeguate precauzioni onde evitare che la frequenza di risonanza dell'edificio da progettare sia prossima a quella del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce una notevole amplificazione delle onde sismiche, inducendo sollecitazioni sulle strutture con grande potere distruttivo [**fenomeno della doppia risonanza**].

---

<sup>1</sup> Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici [onde oceaniche, vento], dall'attività antropica oltre e dai processi legati alla dinamica terrestre. Esso è conosciuto anche come - microtremore- poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

## 2 - STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

Le misure del microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un Tromografo digitale portatile, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento [Tromino<sup>®</sup>, Micromed s.p.a.] è dotato di tre sensori elettrodinamici [velocimetri] ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 20 min alla frequenza di campionamento di 128Hz.

## 3 - DEFINIZIONI

Il tipo di stratigrafia che le tecniche sismiche possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

## 4 - UBICAZIONE DELLE MISURE E ACQUISIZIONE DEI DATI

La prova a stazione singola è stata ubicata come in figura 1. La registrazione è stata effettuata accoppiando lo strumento direttamente al terreno naturale.



Figura 1 – Ubicazione del punto di registrazione dei microtremori. La misura è stata effettuata sul terreno naturale.



## 5 - PROCEDURA DI ANALISI PER STAZIONI SINGOLE H/V

Dalle registrazioni del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica descritta per esempio in SESAME (2005) con parametri:

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

L'analisi della curva H/V relativa alla registrazione effettuata evidenzia una risonanza a 5.16 Hz legata al contatto tra litotipi da diversa impedenza.

La risonanza registrata appare significativa all'analisi statistica secondo i criteri SESAME [2005]. In tabella I si riportano gli esiti dei test Sesame relativamente al picco registrato a 5.16 Hz nel sito.

### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $5.16 \pm 0.06$  Hz (In the range 0.0 - 10.0 Hz).

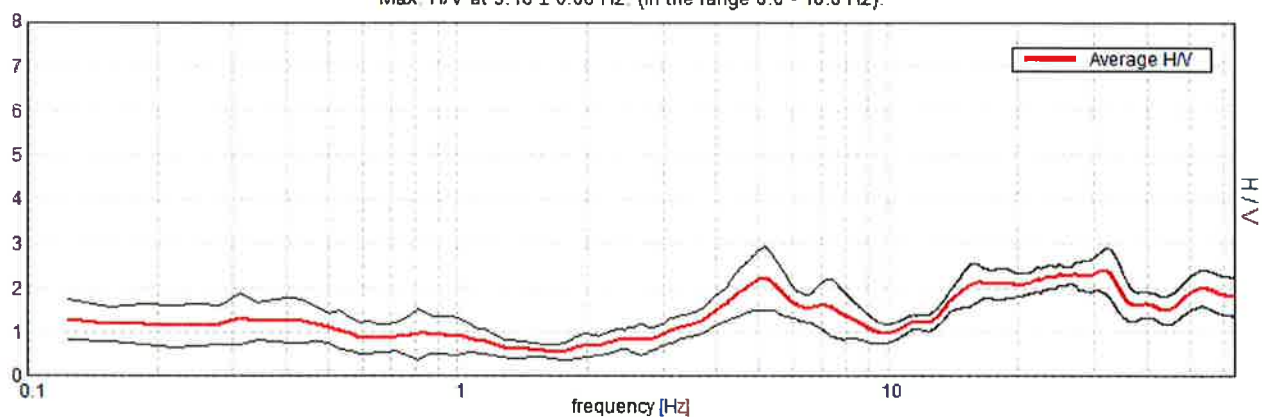


Figura 2 – Curva H/V sperimentale registrata nel sito.

### SINGLE COMPONENT SPECTRA

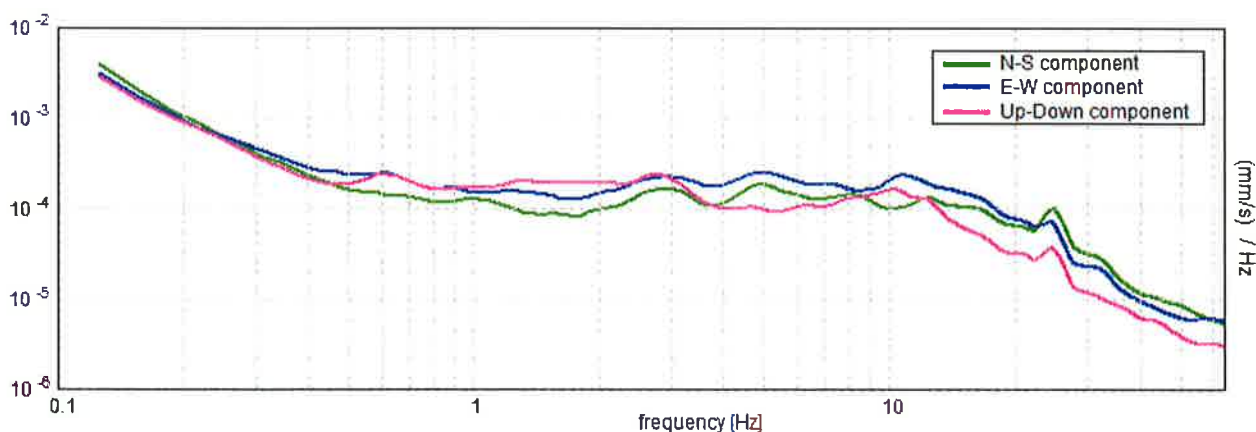


Figura 3 – Singole componenti dello spettro di frequenze

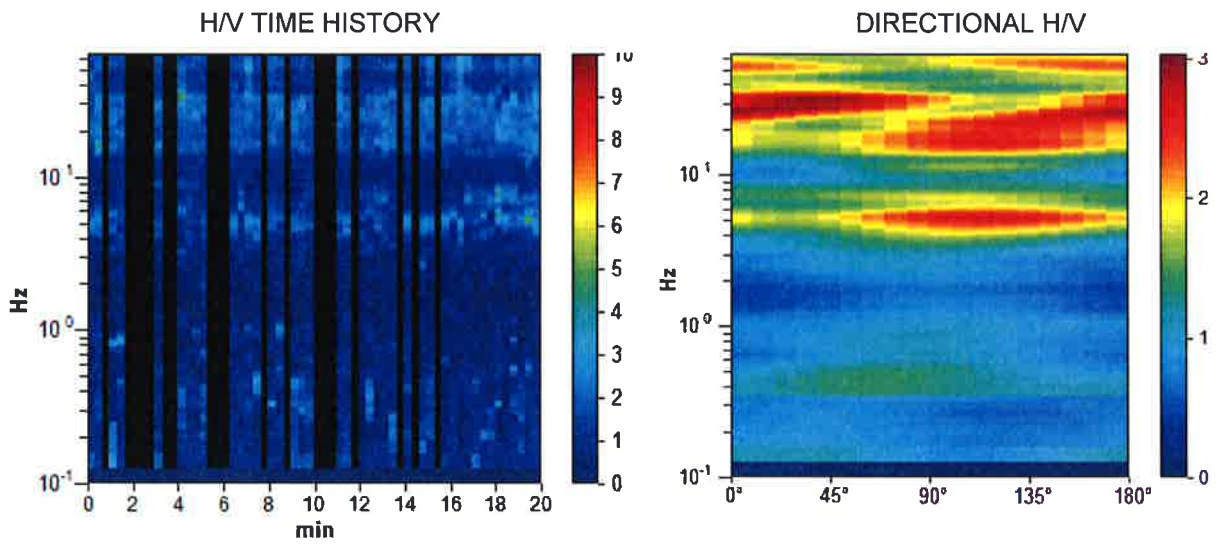
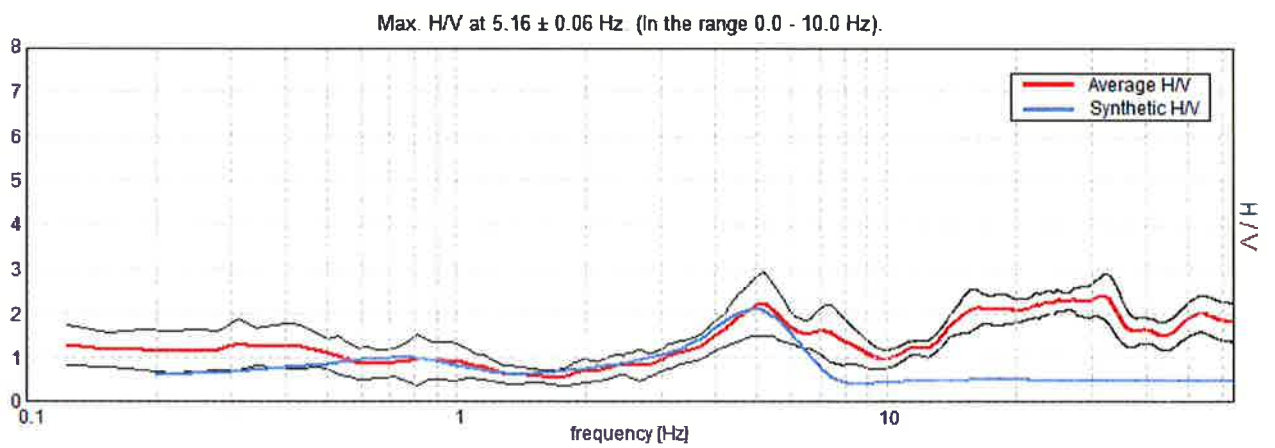


Figura 4 – SINISTRA: stabilità temporale della curva H/V durante i 20 minuti di misura (in nero sono rappresentati i transienti eliminati). DESTRA: grafico direzionale della composizione del tremore (componenti orizzontali) nello stesso sito.



**Picco H/V a  $5.16 \pm 0.06$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 10.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

|  |                         |           |  |
|--|-------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$   | $5.16 > 0.50$           | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$   | $4228.1 > 200$          | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 248 | <b>OK</b> |  |

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

|  |                     |           |  |
|--|---------------------|-----------|--|
| Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$    | 3.281 Hz            | <b>OK</b> |  |
| Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$     | 8.969 Hz            | <b>OK</b> |  |
| $A_0 > 2$  | $2.21 > 2$          | <b>OK</b> |  |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.00592  < 0.05$  | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                | $0.03054 < 0.25781$ | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                | $0.3453 < 1.58$     | <b>OK</b> |  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| $L_w$                  | window length   |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis  |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles  |
| $f$                    | current frequency   |
| $f_0$                  | H/V peak frequency  |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency  |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$   |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$   |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve   |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$   |

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

| Freq.range [Hz]                                | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
|--|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                        | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$              | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

Tabella 1 – Test di significatività dei picchi di risonanza individuati nel sito.

Il valore di velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo equivalente ai primi 30 m di profondità ( $V_{s30}$ ) calcolato secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono gli spessori e le velocità dei singoli strati, è  $V_{s30} = 337$  m/s.

| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 10.50                                 | 10.50        | 210      | 0.29                |
| 90.50                                 | 80.00        | 500      | 0.29                |
| 140.50                                | 50.00        | 450      | 0.29                |
| inf.                                  | inf.         | 800      | 0.29                |

Tabella 2 – Modello di sottosuolo. Si noti che le prove effettuate forniscono una stima delle sole Vs. Il rapporto di Poisson indicato è quello adottato nella modellazione ma le prove geofisiche basate su onde di superficie non possono fornire misure di questo parametro.

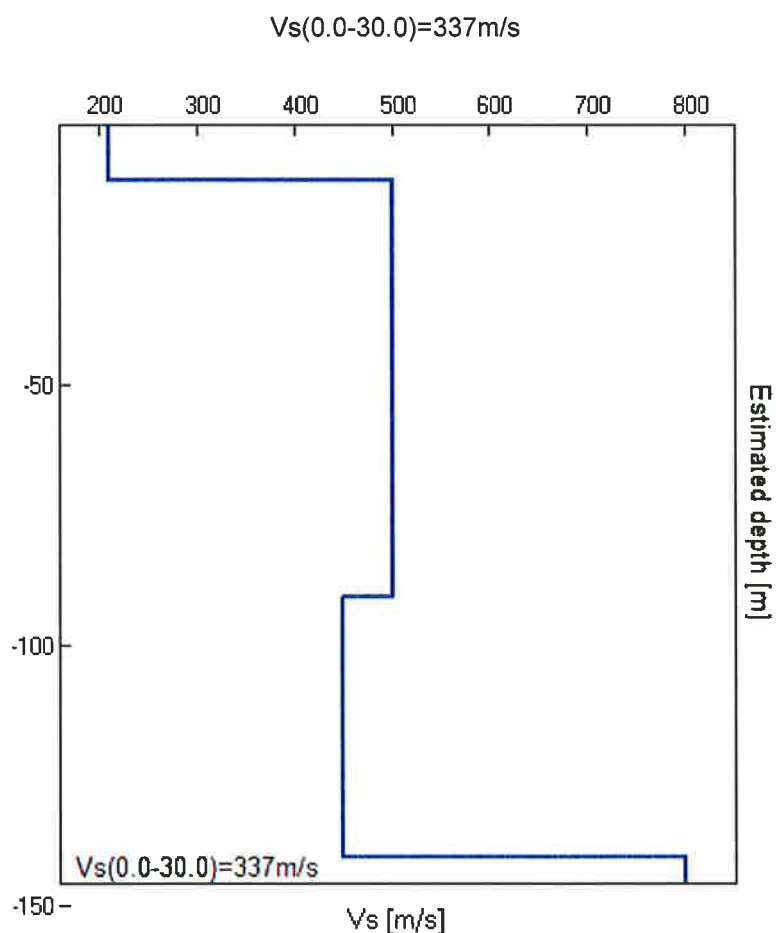


Figura 6 – Modello di velocità delle onde Vs nel sito.

## **6 - CONCLUSIONI**

La curva H/V determinata attraverso la misura dei microtremori nel terreno interessato dalla nuova struttura presenta un evidente picco di risonanza alla frequenza di **5.16 Hz**.

Per il sito in esame è stata calcolata una Vs30 pari a 337 m/s che colloca il sito nella categoria **C**.

Porto S. Elpidio, Agosto 2012

Il Tecnico

**Dott. Geol. Alberto Conti**

Studio Tecnico Geologico

Dr. Alberto Conti

via IV Novembre, 4 P.S.Elpidio (AP)

Committente:

Eco Elpidiense

Sondaggio n° 1

Data: Marzo '98

Località: Porto S. Elpidio, Località Cretarola

Metodo di perforazione: Rotazione meccanica a secco con carotiere (diametro 200 mm)

Quota:

| Profondità<br>progressiva<br>(metri) | Quota<br>dal p.c.<br>(metri) | Simbologia | Falda | Campioni<br>prelevati | Descrizione litologica   | pen. tascabile<br>Rp (Kg/cmq) |   |   |   |   | scissometro tasc.<br>T (Kg/cmq) |     |     |     |
|--------------------------------------|------------------------------|------------|-------|-----------------------|--|-------------------------------|---|---|---|---|---------------------------------|-----|-----|-----|
|                                      |                              |            |       |                       |  | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 0.5                             | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 1.00                                 | 1.00                         |            |       |                       | Terreno vegetale   |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 2.00                                 |                              |            |       |                       | DEPOSITI COLLUVIALI COSTITUITI DA:<br>sedimenti limoso-argillosi con frustoli vegetali; il colore varia dal marrone al brunastro; il grado di consistenza è buono; |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 3.00                                 |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 4.00                                 |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 5.00                                 | 5.00                         |            |       |                       | sedimenti limoso-argillosi marroni con abbondanti concrezioni di Carbonato di Calcio;  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 6.00                                 | 6.30                         |            | *     |                       | limi argillosi grigio-marroni compatti ed asciutti;  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 7.00                                 |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 8.00                                 |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 9.00                                 | 9.00                         |            |       |                       | limi sabbiosi giallo-marroni asciutti;   |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 10.00                                |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 11.00                                | 11.00                        |            |       |                       | limi argillosi marroni;  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 12.00                                | 12.00                        |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 13.00                                |                              |            |       |                       | limi argillosi e sabbie con livelletti di ciottoli;  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 14.00                                | 14.00                        |            | *     |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 15.00                                |                              |            |       |                       | limi sabbioso-argillosi con livelli di paleosuolo;   |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 16.00                                | 16.00                        |            |       |                       | limi argilloso-sabbiosi compatti ed asciutti;  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 17.00                                |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 18.00                                | 17.50                        |            |       |                       | sabbie con ciottoli;<br>(presenza di una modesta falda d'acqua)  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 19.00                                | 19.00                        |            |       |                       | Argille grigiastre.  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 20.00                                |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 21.00                                |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| 22.00                                | 22.00                        |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |
| * Locali infiltrazioni di acqua      |                              |            |       |                       |  |                               |   |   |   |   |                                 |     |     |     |

Committente: DOTT. CONTI ALBERTO

Cantiere : PORTO S.ELPIDIO [AP]

TABELLA RIASSUNTIVA

| SONDAGGIO                    | N                   | 1            | 2            |
|------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
| CAMPIONE                     | N                   |              |              |
| PROFONDITA'                  | da METRI<br>a METRI | 6.80<br>7.30 | 5.00<br>5.50 |
| CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE |                     |              |              |
| Umidità naturale             | [Wn] %              | 20.4         | 18.5         |
| Peso di volume               | [Γ] GR/CM3          | 2.111        | 2.098        |
| Densità secca                | [Γd] GR/CM3         | 1.753        | 1.770        |
| ANALISI GRANULOMETRICA       |                     |              |              |
| Ghiaia                       | [G] %               | 0.33         | 0.13         |
| Sabbia                       | [S] %               | 16.00        | 19.91        |
| Limo                         | [L] %               | 60.87        | 72.36        |
| Argilla                      | [A] %               | 22.80        | 7.60         |
| Passante 0.074 mm.           | [-] %               | 83.67        | 79.96        |
| LIMITI DI ATTERBERG          |                     |              |              |
| Limite liquido               | [LL] %              | 38.2         | 38.3         |
| Indice plastico              | [Ip] %              | 21.4         | 23.9         |
| Indice consistenza           | [Ic] -              | 0.83         | 0.83         |
| CLASSIFICAZIONE              | U. S. C. S.         | CL           | CL           |
| PROVA DI PERMEABILITA'       |                     |              |              |
| Coeff.permeabilità           | [k] CM/SEC          | 9.0E-09      | 9.8E-09      |

Descrizione del terreno:

Sondaggio n.1 a metri 6.80-7.30

Limo argilloso di colore marrone, leggermente sabbioso, molto compatto [PP = 3.5 kg/cmq \* TV = 1.6 kg/cmq], poco plastico, con tracce di materia organica, piccoli inclusi biancastri carbonatici e spalmature ossidate.

Sondaggio n.2 a metri 5.00-5.50

~~Limo argilloso leggermente sabbioso di colore marrone, molto compatto [PP = 3.0 kg/cmq \* TV = 1.6 kg/cmq], poco plastico, friabile, con tracce di materia organica, piccoli inclusi di natura carbonatica e spalmature rossastre ossidate.~~

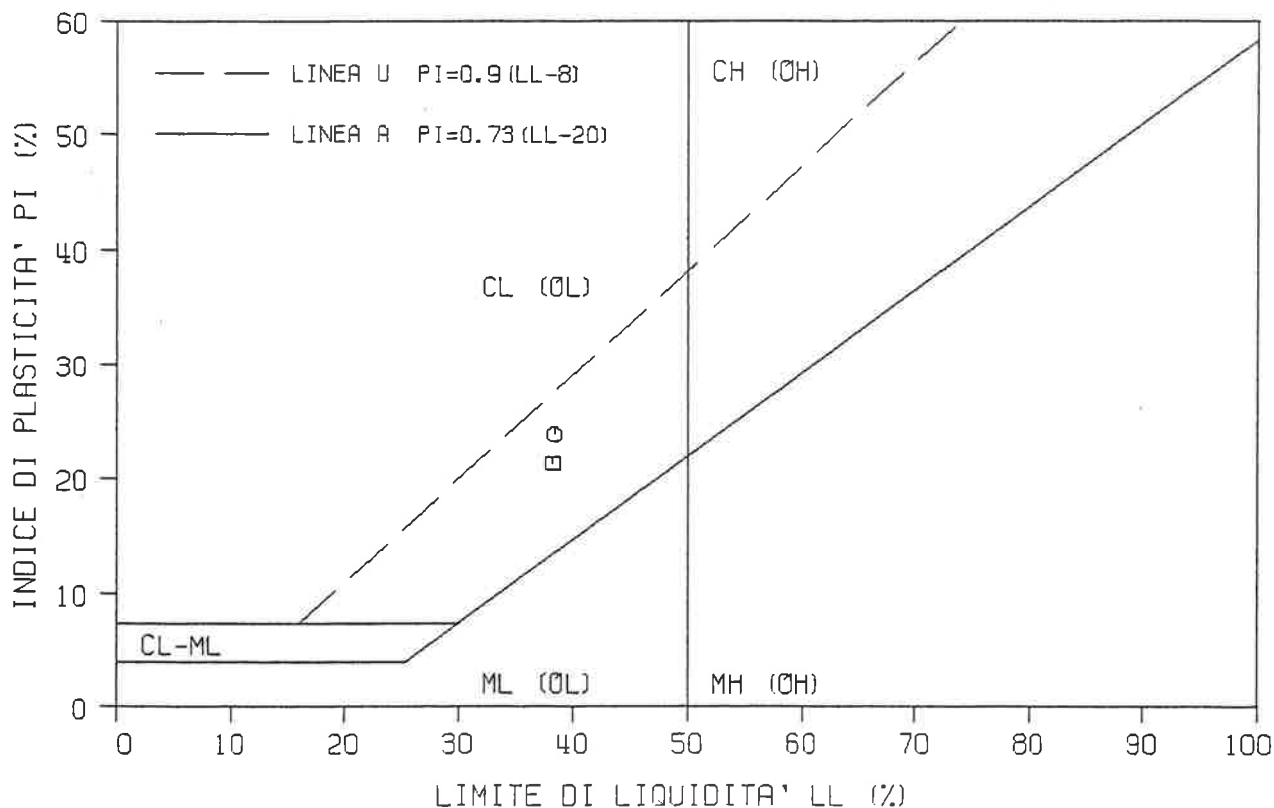
COMMITTENTE : DOTT. CONTI ALBERTO

CANTIERE : PORTO S.ELPIDIO [AP]

### CARTA DI PLASTICITA'

SISTEMA UNIFICATO U.S.C.S. (ASTM D 2487) - A.G.I. 1977

| SIMB. | SOND. | CAMP. | QUOTA (M) | LL (%) | PI (%) | IC (-) |
|-------|-------|-------|-----------|--------|--------|--------|
| □     | 1     |       | 6.80/7.30 | 38.2   | 21.4   | 0.83   |
| ○     | 2     |       | 5.00/5.50 | 38.3   | 23.9   | 0.83   |





LABORATORIO GEOMECCANICO VIA DEGLI ABETI N.362 61100 PESARO

COMMITTENTE : DOTT. CONTI ALBERTO  
CANTIERE : PORTO SANT'ELPIDIO [AP]

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE :  
QUOTA (M) : 6.80/7.30

COMMESSA :  
DATA :

LIMITI DI ATTERBERG ( ASTM D 4318 )

| Numero Capsula<br>(-) | Peso Capsula<br>(GR) | Peso Capsula +<br>Terra Umida<br>(GR) | Peso Capsula +<br>Terra Secca<br>(GR) | Limite<br>Plastico<br>(%) |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 38                    | 9.08                 | 13.33                                 | 12.74                                 | 16.12                     |
| 6                     | 8.73                 | 12.35                                 | 11.82                                 | 17.15                     |
| 47                    | 8.64                 | 12.06                                 | 11.56                                 | 17.12                     |

| Numero Capsula<br>(-) | Peso Capsula<br>(GR) | Peso Capsula +<br>Terra Umida<br>(GR) | Peso Capsula +<br>Terra Secca<br>(GR) | Contenuto<br>in Acqua<br>(%) | Numero Colpi<br>(-) | Limite<br>Liquido<br>(%) |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 29                    | 8.64                 | 22.46                                 | 18.63                                 | 38.34                        | 23                  | 37.94                    |
| 18                    | 8.44                 | 23.90                                 | 19.71                                 | 37.18                        | 29                  | 37.87                    |
| 15                    | 7.05                 | 24.86                                 | 19.89                                 | 38.71                        | 25                  | 38.71                    |

LIMITE PLASTICO (LP) : 16.8 (%)

LIMITE LIQUIDO (LL) : 38.2 (%)

INDICE PLASTICO (Ip) : 21.4 (%)

INDICE di CONSISTENZA (Ic) : 0.83 (-)

COMMITTENTE : DOTT. CONTI ALBERTO  
 CANTIERE : PORTO SANT'ELPIDIO

SONDAGGIO : 1  
 CAMPIONE :  
 QUOTA (M) : 6.80/7.30

**ANALISI GRANULOMETRICA USCS**

Osservazioni :

| Setacci |               | Trattenuto |     | Cumulativa   |
|---------|---------------|------------|-----|--------------|
| ASTM    | (MM)          | (GR)       | (%) | Passante (%) |
| 4       | inch 101.6000 | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 3       | inch 76.1000  | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 2       | inch 50.8000  | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 1       | inch 25.4000  | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 3/4     | inch 19.0000  | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 1/2     | inch 12.7000  | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 3/8     | inch 9.5100   | 0.0        | 0.0 | 100.00       |
| 4       | mesh 4.7600   | 1.0        | 0.3 | 99.67        |
| 10      | mesh 2.0000   | 2.1        | 0.7 | 99.00        |
| 20      | mesh 0.8400   | 6.2        | 2.0 | 97.01        |
| 40      | mesh 0.4200   | 5.4        | 1.7 | 95.27        |
| 70      | mesh 0.2100   | 6.7        | 2.1 | 93.13        |
| 200     | mesh 0.0740   | 29.7       | 9.5 | 83.67        |
| A       | 0.0424        |            |     | 66.93        |
| E       | 0.0306        |            |     | 63.59        |
| R       | 0.0203        |            |     | 53.55        |
| O       | 0.0148        |            |     | 45.18        |
| M       | 0.0088        |            |     | 36.81        |
| E       | 0.0063        |            |     | 33.47        |
| T       | 0.0046        |            |     | 28.45        |
| R       | 0.0014        |            |     | 18.41        |
| I       |               |            |     |              |
| A       |               |            |     |              |

LABORATORIO GEOMECCANICO VIA DEGLI ABETI N.362 61100 PESARO

COMMITTENTE : DOTT. CONTI ALBERTO

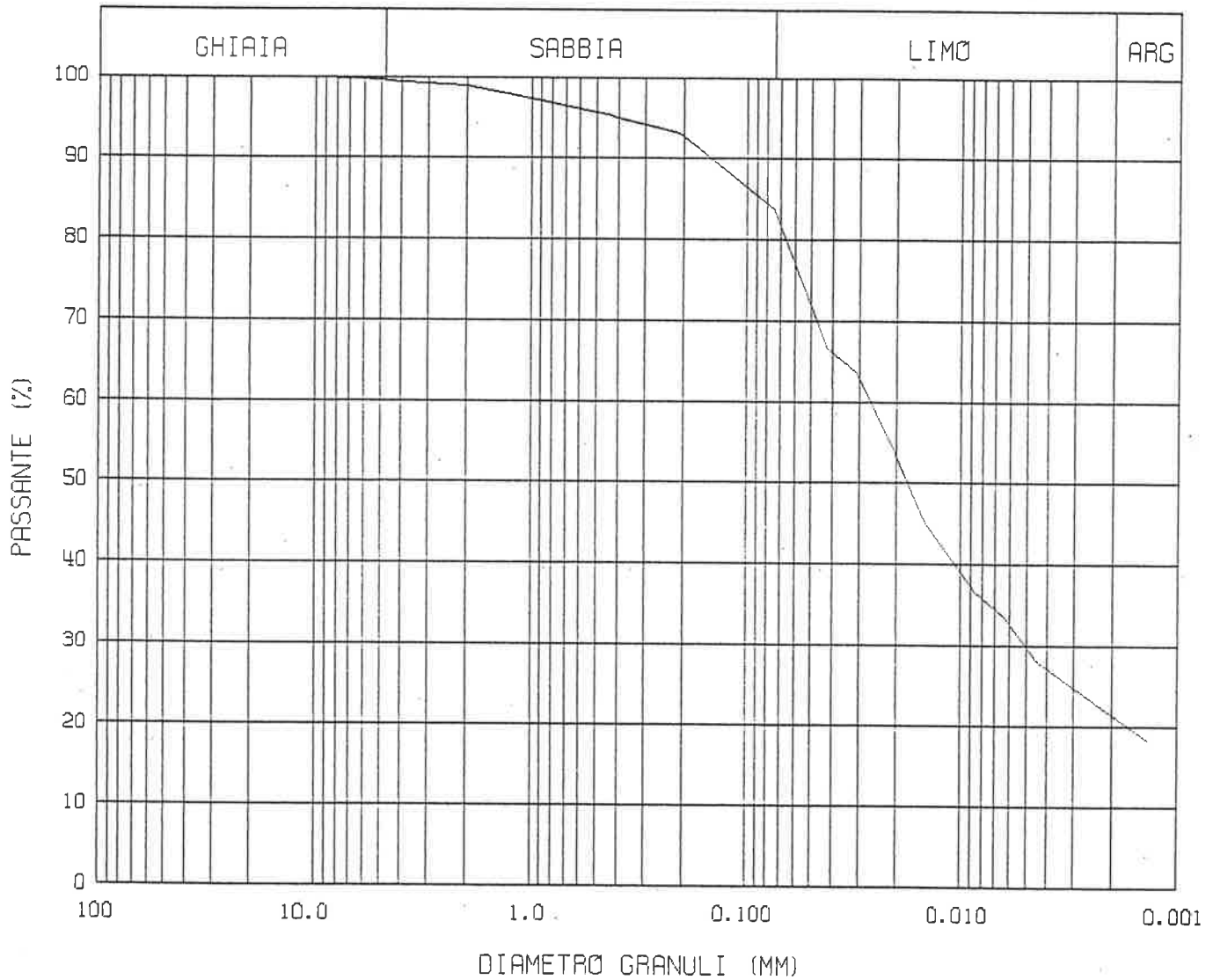
SONDAGGIO : 1

CANTIERE : PORTO SANT'ELPIDIO

CAMPIONE :

QUOTA (M) : 6.80/7.30

### ANALISI GRANULOMETRICA USCS



|            |        |            |        |          |       |             |       |
|------------|--------|------------|--------|----------|-------|-------------|-------|
| GHIAIA (%) | 0.33   | SABBIA (%) | 16.00  | LIMO (%) | 60.87 | ARGILLA (%) | 22.80 |
| 060.. (MM) | 0.0259 | 030.. (MM) | 0.0051 |          |       |             |       |

LABORATORIO GEOMECCANICO VIA DEGLI ABETI N.362 61100 PESARO

COMMITTENTE : DOTT. CONTI ALBERTO  
CANTIERE : PORTO S.ELPIDIO [AP]

SONDAGGIO : 1  
CAMPIONE :  
QUOTA (M) : 6.80/7.30

COMMESSA :  
DATA :

### PROVA DI PERMEABILITA'

CARICO COSTANTE ( ASTM 2434 )

ALTEZZA DEL CAMPIONE (CM) : 7.60  
SEZIONE DEL PERMEAMETRO (CM2) : 11.34  
CARICO IDRAULICO (CM) : 700  
TEMPERATURA (°C) : 20.0  
PRESSIONE CONTENIMENTO (KG/CM2) : 0.90  
  
PESO DI VOLUME INIZIALE (GR/CM3) : 2.111  
UMIDITA' INIZIALE (%) : 20.4

| Numero Provino<br>(-) | Tempo<br>t<br>(SEC) | Volume di acqua<br>permeata Q<br>(CM3) | Permeabilità<br>K<br>(CM/SEC) |
|-----------------------|---------------------|--|-------------------------------|
| 1                     | 61500               | 0.60                                   | 9.34E-09                      |
| 2                     | 44100               | 0.40                                   | 8.68E-09                      |
| 3                     | 64800               | 0.65                                   | 9.60E-09                      |
| 4                     | 76620               | 0.70                                   | 8.75E-09                      |

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' (CM/SEC) : 9.09E-09

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' (M/SEC) : 9.09E-11