

Piano di Recupero

ai sensi della L.R.
65.2014 art. 35

COMUNE DI PORCARI

SETTORE URBANISTICA Piazza Felice Orsi, 1 - 55016 Porcari (LU)



Proprietà:

cofil s.r.l.

PIANO DI RECUPERO AL COMPLESSO INDUSTRIALE PER LO SPOSTAMENTO DI VOLUMETRIA DA REALIZZARSI IN PORCARI VIA ROMANA OVEST 212 E RELATIVA VARIANTE PUNTUALE AL R.U. AI SENSI DELL'ART. 8 D.P.R. N°160 DEL 07/09/2010 E ART. 35 DELLA L.R. 65 DEL 10/11/2014

oggetto:

Relazione geologica

data

OTTOBRE 2015

tavola n.

18B

redattore:

geol. paolo sani

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI via Buimonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461 Tel. 0583/467427
Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

STUDIO DI GEOLOGIA
BARSANTI, SANI & ASSOCIATI
via Buiamonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461
Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

COFIL S.R.L.

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DI UN
PIANO DI RECUPERO – IN VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
DI UN’AREA SITA IN VIA ROMANA OVEST FRAZIONE DI RUGHI -
COMUNE DI PORCARI (LU)**

Relazione tecnica

Ottobre 2015

Il Geologo:

INDICE

PREMESSA	3
PARTE I – STATO DELLE CONOSCENZE.....	5
1. IL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE	5
1.1. Geologia e geomorfologia.....	5
1.2. Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi	7
1.3. Pericolosità geomorfologica e sismica	8
1.4. Pericolosità idraulica.....	9
1.5. Ambiti e pertinenze fluviali.....	11
2. IL NUOVO PIANO STRUTTURALE APPROVATO	11
2.1. Geomorfologia ed idraulica.....	11
2.2. Sismica	14
3. D.P.C.M. 5/11/99	20
4. PAI Arno	20
5. APPROFONDIMENTI LOCALI	21
5.1. Prove penetrometriche statiche	22
5.2. Prove penetrometriche dinamiche pesanti.....	22
5.3. Sondaggio geognostico	23
5.4. Prospezione downhole	24
5.5. Stratigrafia di dettaglio dei terreni	24
5.6. Parametri sismici	25
5.7. Categoria di sottosuolo.....	27
5.8. Spettro di risposta elastico	28
PARTE 2 – LA FATTIBILITA’	30
6. LE CONDIZIONI DI FATTIBILITA’ DELLA VARIANTE	30
6.1. Prescrizioni particolari derivanti dall’art. 41 del PS approvato	31

ELENCO DEGLI ALLEGATI

ALL. N° 1 - TAVOLE E DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

ALL. N° 2 - LOG STRATIGRAFICO SONDAGGIO

ALL. N° 3 - PROSPEZIONE SISMICA IN FORO

PREMESSA

Per incarico della Società COFIL S.r.l. sono state effettuate le presenti indagini geologico-tecniche di supporto ad un Piano di recupero – facente variante al Regolamento Urbanistico - di un'area sita in località Rughì, via Prov. Romana Ovest, nel Comune di Porcari (LU).

L'intervento urbanistico è volto essenzialmente al trasferimento di una volumetria esistente (di fatto una struttura in acciaio che verrà smontata e rimontata nell'area di variante) da una zona di cui all' Art. 17 - Zone D.1 aree produttive prevalentemente edificate – ad una zona omogenea di cui all'art. 106 - Zona E 4 aree di pianura ad indirizzo colturale promiscuo – zona posta all'interno della proprietà e comunque in aderenza alla zona industriale.



Quanto sopra nel rispetto delle direttive di cui ai § 2 e 3.6 dell'All. A al DPGR 53R/2011, le quali richiedono, in estrema sintesi, la verifica delle condizioni di pericolosità dell'area e l'indicazione delle condizioni di fattibilità delle trasformazioni previste con la variante richiesta.

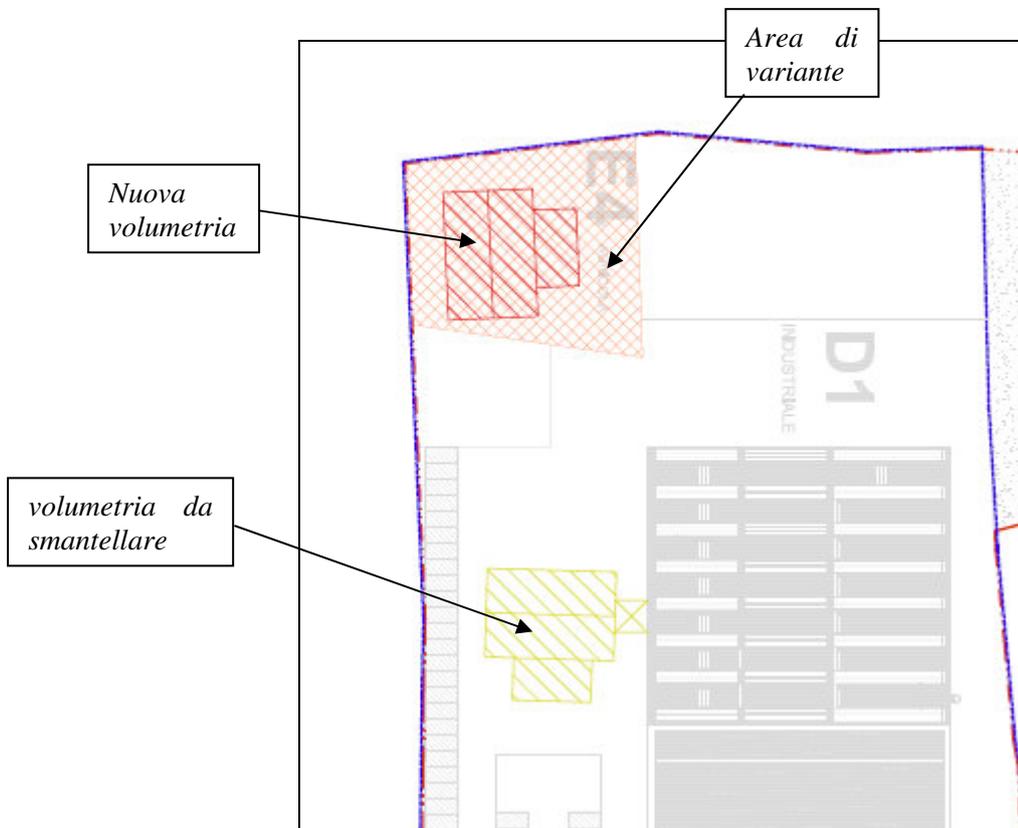
La riclassificazione sismica del territorio nazionale intervenuta a seguito dell'emanazione della O.P.C.M. n° 3274/03 del 20 Marzo 2003, pubblicata sulla G.U. n° 105 dell'8 Maggio 2003, e delle successive proroghe, ha definito il territorio del Comune di Porcari sismico di Zona 3 (equivalente alla vecchia III Categoria). Tale classificazione è stata riconfermata dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006, in base alla quale la

Regione Toscana pone il Comune di Porcari, secondo la “Proposta di riclassificazione sismica RT4” del Giugno 2006, in Zona 3 con accelerazione su suolo rigido $a_g = 0.15$.

Il Comune di Porcari risulta in particolare dotato di un Piano Strutturale e di un Regolamento Urbanistico supportato da indagini geologico tecniche conformi alle disposizioni del PTCP e del PAI del F. Arno vigenti.

Recentemente il Comune di Porcari ha inoltre approvato (Del. C.C. n. 25 del 24/06/2015) una variante generale al Piano Strutturale la quale non apporta tuttavia – almeno per il sito in esame - modifiche significative alle condizioni di pericolosità del R.U. vigente.

Nella pianta di dettaglio che segue viene evidenziata l’ubicazione della nuova volumetria e di quella che verrà smantellata.



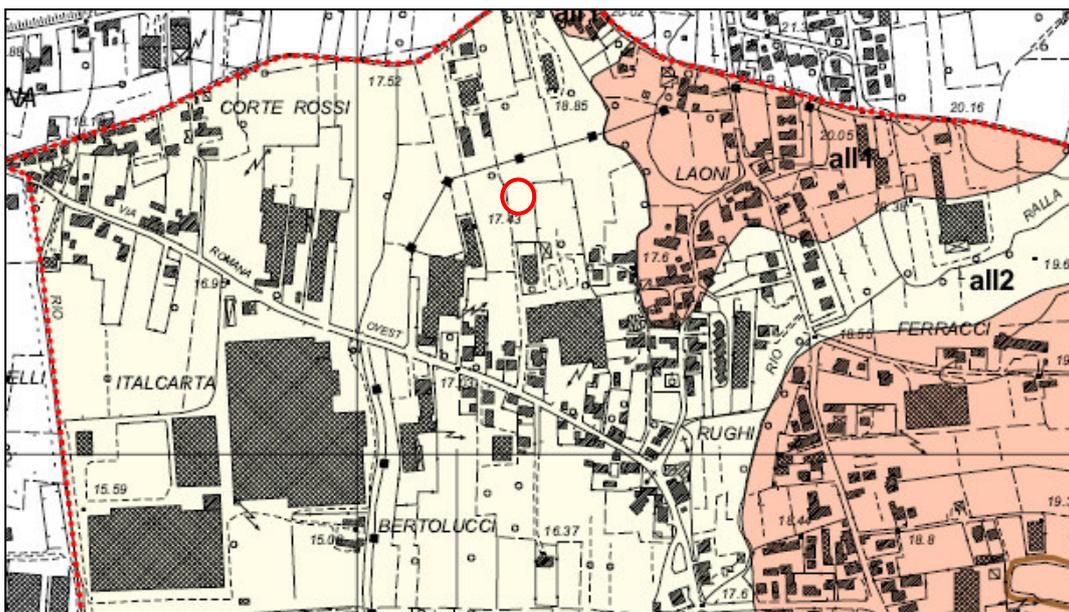
PARTE I – STATO DELLE CONOSCENZE

1. IL REGOLAMENTO URBANISTICO VIGENTE

Le caratteristiche e le condizioni di pericolosità del sito in esame sono definite nelle cartografie del Regolamento urbanistico vigente (le quali aggiornano e quindi superano quelle a suo tempo definite nel Piano strutturale vigente del 1996). Tali sono riportate nei paragrafi che seguono.

1.1. Geologia e geomorfologia

RU Vigente – Estratto QC-TAV.09 Carta Geologica e Geomorfologica



Depositi olocenici



Depositi di versante: accumuli lungo i versanti di frammento litoidi eterometrici con matrice sabbiosa, limosa o argillosa.



Depositi alluvionali terrazzati antichi: ghiaie, sabbie, limi e argille dei depositi fluviali.



Depositi alluvionali recenti o attuali: ghiaie e sabbie e limi prevalenti



Area di variante

L'area delle indagini è ubicata ai margini orientali della Piana di Lucca, a Ovest NordOvest della collina di Porcari ed al limite settentrionale del territorio comunale, su terreno sub-pianeggiante ed alla quota di c.a. 17.5 metri sul livello medio marino (C.T.R. 1:2000).

Secondo le ipotesi geotettoniche correnti la pianura lucchese e le aree adiacenti fanno parte di un'ampia depressione tettonica iniziata a formarsi nel Miocene Superiore. Essa è stata sede di una sedimentazione di ambiente prevalentemente salmastro a SudEst (*colline delle Cerbaie*), mentre a Nord la depressione era occupata, almeno fino al Pleistocene Inferiore, da un vasto lago con conseguente sedimentazione di origine lacustre e fluviolacustre.

Tali sedimenti lacustri e fluviolacustri, suddivisi in due successivi cicli di sedimentazione interrotti da episodi di sollevamento e traslazione, si ritrovano oggi dislocati ai margini della pianura sulle prime propaggini delle Pizzorne e sulle colline di Porcari, Montecarlo ed Altopascio, mentre nella pianura stessa si ritrovano coperti da altri sedimenti alluvionali più recenti.

La coltre alluvionale deriva dai fenomeni evolutivi che hanno interessato la pianura lucchese ed il corso del Serchio a partire dalle variazioni climatiche collegate alle glaciazioni quaternarie, quando il Serchio confluiva nell'Arno all'altezza di Calcinaia.

Successivamente il progressivo innalzamento del letto dell'Arno impedì il deflusso delle acque del Serchio che, attraverso alterni episodi di alluvionamento ed impaludamento, trovò infine uno sbocco al mare indipendentemente tracimando dalla soglia di Ripafratta. L'assetto attuale della pianura è il risultato della regimazione fluviale e delle bonifiche operate in epoca storica a partire dal XII secolo d.C..

Nella zona delle indagini i depositi affioranti si succedono, dal più antico al più recente, nel modo che segue:

- **all₁**: alluvioni antiche (età: Olocene).
- **all₂**: alluvioni recenti ed attuali (età: Olocene).

In particolare il sito in oggetto ricade sui **depositi alluvionali recenti (all₂)** che, assieme alle alluvioni antiche (**all₁**), si sono formati dalle divagazioni del Serchio e dei suoi affluenti in età tardo quaternaria: essi ricoprono i depositi villafranchiani che costituiscono il substrato, potente oltre 500 m, in tutto il territorio circostante e che affiorano più ad Est sulla collina di Porcari. Le alluvioni recenti sono qui caratterizzate dalla seguente successione stratigrafica tipo, con, dall'alto verso il basso:

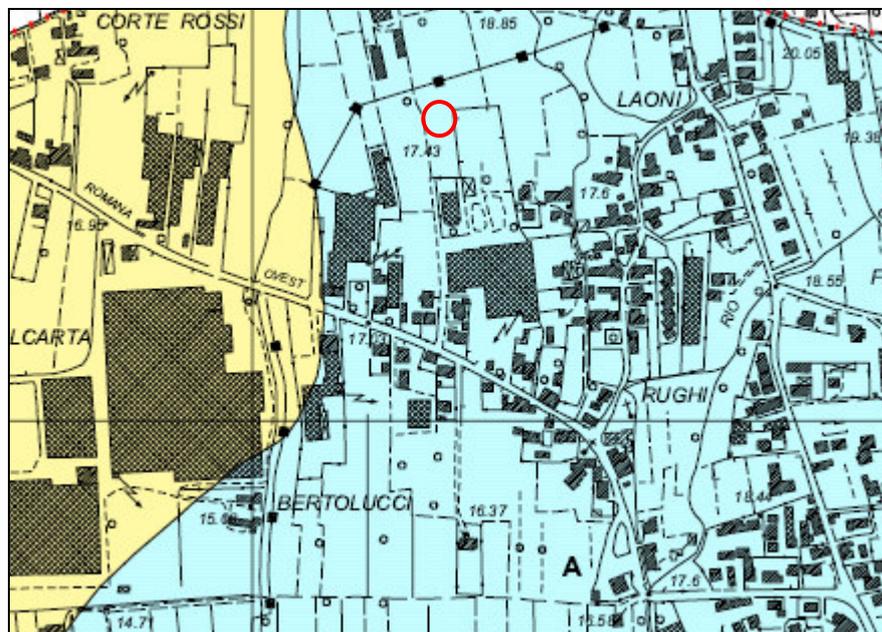
- depositi prevalentemente fini (limo-argilloso-sabbiosi): lo spessore è qui valutabile in 5.5 m;
- depositi prevalentemente grossolani (ciottoli, ghiaie e sabbie), qui dello spessore di circa 6 / 7 m.

Dal punto di vista geomorfologico, data la morfologia pianeggiante che caratterizza quest'area, non si evidenziano fenomenologie di tipo gravitativo e l'area è stabile sotto questo profilo.

Gli studi di carattere generale svolti sia a livello comunale (Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico), sia a livello provinciale (Piano territoriale di Coordinamento) non segnalano per l'area in esame processi attivi o potenziali legati alla subsidenza.

1.2. Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi

RU Vigente – Estratto QP-TAV.04 Carta della vulnerabilità degli acquiferi



AREE COLLINARI E VALLIVE

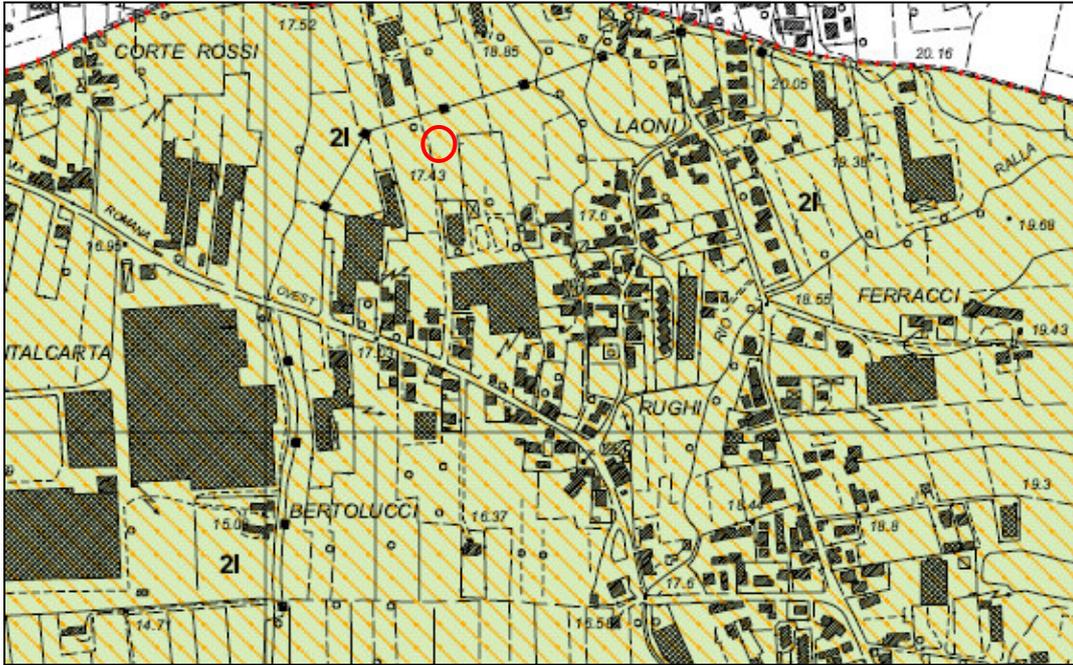
Grado di vulnerabilità	Tipo di acquifero
 A Alto	Falda acquifera libera in materiali alluvionali a granulometria mista, con scarsa o nulla copertura
 M Medio	Falda acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati
 B Basso	Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limoso-sabbiosi praticamente privi di circolazione idrica sotterranea

Dal punto di vista idrogeologico le alluvioni sono sede di una falda artesianiana, con direzione di flusso NW-SE, gradiente idraulico dello 0,6% e trasmissività $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, il cui livello piezometrico, dai dati desumibili dalla bibliografia, oscilla stagionalmente nella zona da 1 a 4 m sotto il p.c.. Attualmente il livello della falda staziona alla profondità di 3.5 m sotto il piano del piazzale.

Le condizioni di vulnerabilità dell'acquifero – valutate secondo il metodo SINTACS – risultano di grado alto.

1.3. Pericolosità geomorfologica e sismica

RU Vigente – Estratto QP-TAV.05 Carta della pericolosità geomorfologica e sismica



Pericolosità geotecnica delle aree di pianura

	21	BASSA	Corrisponde ad una situazione geologico-technica apparentemente stabile sulla quale tuttavia permangono alcuni dubbi, prevalentemente di carattere geotecnico in relazione alle opere edilizie che potranno essere realizzate nell'area stessa, che comunque potranno essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia, svolta anche in riferimento ai fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni superficiali a prevalente componente argillosa.
	3s	MEDIA	Aree potenzialmente subsidenti per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.
	4s	ELEVATA	Aree con subsidenza acclarata

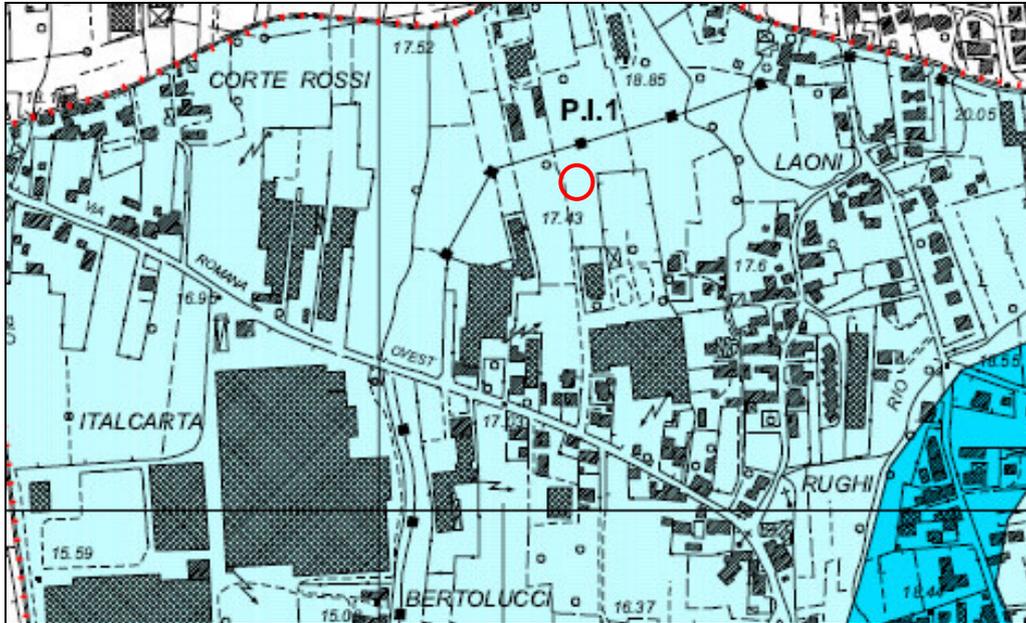
Pericolosità da fenomeni sismici

	3t	MEDIA	Aree non interessate da fenomeni attivi, suscettibili, per costituzione geologica e/o morfologica, di subire fenomeni di moderata amplificazione della sollecitazione sismica, senza deformazioni permanenti del suolo.
--	----	-------	---

L'area di intervento si colloca in zona a pericolosità geotecnica **21** (media) ed in classe di pericolosità sismica **3t** (media).

1.4. Pericolosità idraulica

RU Vigente – Estratto QP-TAV.07 Carta della pericolosità idraulica (secondo PAI)



Classi di pericolosità idraulica secondo il Piano di Bacino



P.I.1 Aree a pericolosità moderata

RU Vigente – Estratto QP-TAV.06
 Carta della pericolosità idraulica (secondo PTC)



Classi di pericolosità idraulica secondo il P.T.C.P.

	Classe	Pericolosità	Caratteri
	1i	IRRILEVANTE	Aree collinari o montane sopraelevate di almeno 1 m rispetto al limite esterno dell'alveo di naturale esondazione o 2 m rispetto al ciglio di sponda, prive di notizie storiche di precedenti inondazioni o allagamenti da ristagno.
	2i	BASSA	Aree di pianura: - prive di notizie storiche di precedenti inondazioni; - risultanti da studi idraulici soggette a eventi alluvionali occasionali o eccezionali, di classe I.
	3ai	MEDIO-BASSA	Aree di pianura risultanti da studi idraulici soggette a: - eventi alluvionali ricorrenti o frequenti di classe I; - eventi alluvionali occasionali o eccezionali di classe II; - eventi alluvionali eccezionali di classe III
	3bi	MEDIO-ALTA	Aree di pianura risultanti da studi idraulici soggette a: - eventi alluvionali ricorrenti o frequenti di classe II; - eventi alluvionali occasionali di classe III.
	4i	ELEVATA	Aree di pianura risultanti da studi idraulici soggette a: - eventi alluvionali ricorrenti o frequenti di classe III o superiore; - eventi alluvionali occasionali di classe IV o sup.; - eventi alluvionali eccezionali di classe V.
	4ao	ELEVATA	Alveo fluviale ordinario in modellamento attivo: porzione dell'alveo raggiungibile dalle piene stagionali caratterizzata da ciottolame mobile, depositi sabbiosi e limosi sciolti; la vegetazione eventualmente presente è per lo più arbustiva.
	4ae	ELEVATA	Aree di naturale esondazione e di tutela dei caratteri ambientali dei corsi d'acqua: aree essenzialmente di fondovalle caratterizzate da indicatori idrogeomorfologici e talora biologici naturali nelle quali il legame con il corso d'acqua è ancora evidente.

In particolare l'area in studio – che gli studi idraulici indicano non allagabile da eventi aventi $Tr = 200$ anni - ricade:

- secondo la classificazione del PTC in classe di pericolosità **2i** (*bassa*);
- secondo la classificazione del PAI in classe **P1** (*moderata*) .

1.5. Ambiti e pertinenze fluviali

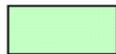
RU Vigente – Estratto QP-TAV.03 Carta degli ambiti e delle pertinenze fluviali



Aree di pertinenza dei corsi d'acqua e relativi ambiti

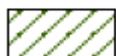


Ambito ao - Alveo in modellamento attivo e fasce antistanti di 10 m



Ambito ae - Area di naturale esondazione del corso d'acqua

Ambiti dei corsi d'acqua



Ambito B

Il sito in esame ricade all'esterno degli ambiti e delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua.

2. IL NUOVO PIANO STRUTTURALE APPROVATO

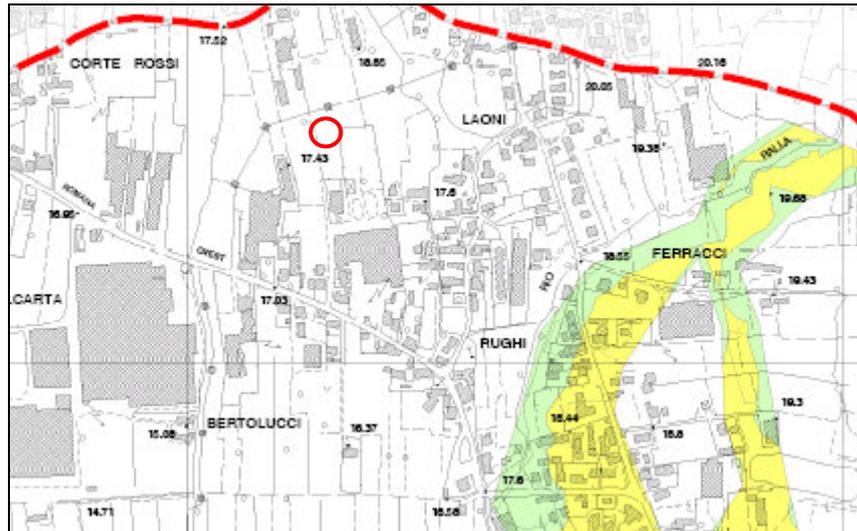
2.1. Geomorfologia ed idraulica

Il nuovo Piano Strutturale, supportato da indagini geologico-tecniche redatte ai sensi del DPGR 25 ottobre 2011, n. 53/R, non apporta sostanziali modifiche alle condizioni di pericolosità già definite nella strumentazione urbanistica vigente.

In particolare:

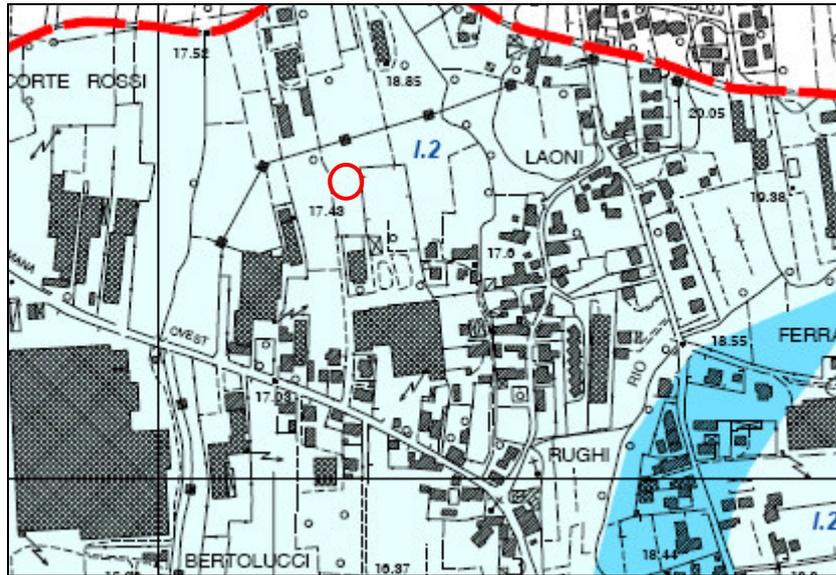
- viene confermato che l'area non risulta allagabile da eventi alluvionali aventi $Tr = 200$ anni e, conseguentemente, viene riconosciuta una pericolosità idraulica I.2 (per il PAI la pericolosità rimane invariata: P.I.1);

PS approvato – Estratto QC.G-08
Carta delle aree allagabili



-  Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 200$ anni
-  Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 100$ anni
-  Aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni
-  Aree interessate da transito per eventi con $Tr \leq 200$ anni
-  Aree interessate da transito per eventi con $Tr \leq 100$ anni
-  Aree interessate da transito per eventi con $Tr \leq 30$ anni

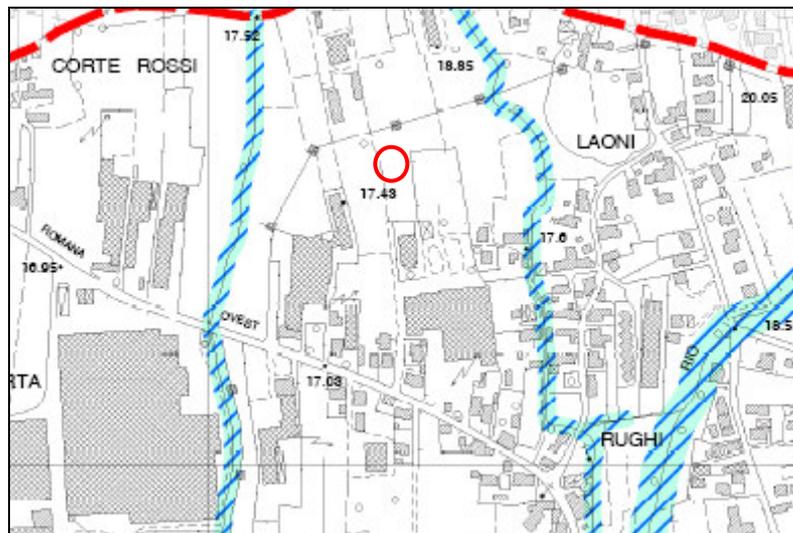
PS approvato – Estratto QP.G-02
 Carta delle aree a pericolosità idraulica



I.2	MEDIA	Aree interessate da allagamenti per $T_r > 200$ anni.
-----	-------	---

- l'area rimane sempre esterna agli ambiti e pertinenze fluviali;

PS approvato – Estratto QP.G-04
 Carta degli ambiti e pertinenze fluviali

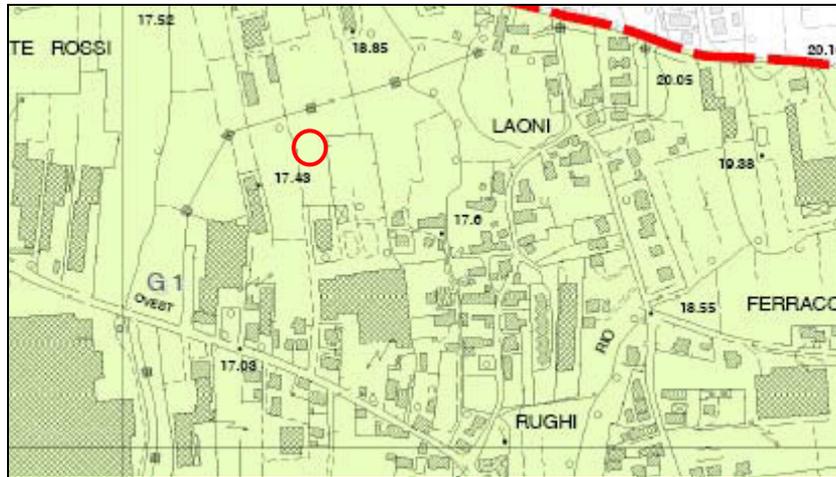


Ambiti fluviali

ao Alveo luviale e fascia latitante di 10 m

- la pericolosità geomorfologica viene definita di classe G1;

PS approvato – Estratto QP.G-01
Carta delle aree a pericolosità geomorfologica



	Classe	Pericolosità	Caratteri
	G.1	BASSA	Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi

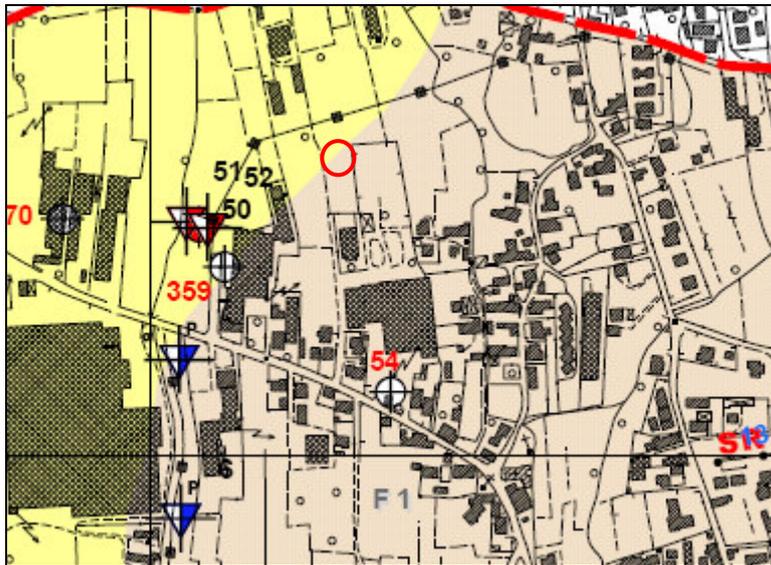
2.2. Sismica

Sotto l'aspetto sismico il nuovo Piano strutturale ha apportato nuovi approfondimenti, che si sono concretizzati nei seguenti elaborati:

- *QC.G-04 Carta litologica - tecnica e dei dati di base*
- *QC.G-05 Carta delle categorie di sottosuolo*
- *QC.G-06a Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20Hz*
- *QC.G-06b Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0,1-1Hz*
- *QC.G-07 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*
- *QP.G-03 Carta della pericolosità sismica*

Di seguito si riportano gli stralci delle varie cartografie sopra elencate.

PS approvato – Estratto QC.G-04
Carta litologico-tecnica e dei dati di base



UNITA' LITOLOGICO-TECNICA E

Materiali granulari non cementati o poco cementati

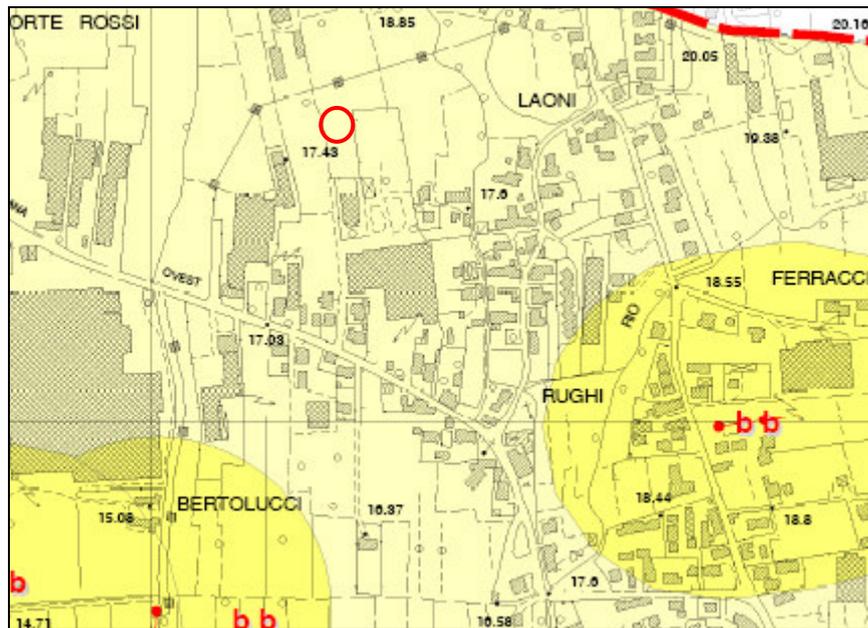
-  E1 - Ciottoli e blocchi
-  E2 - Ghiaie e sabbie
-  E3 - Limi sabbiosi e sabbie limose

UNITA' LITOLOGICO-TECNICA F

Materiali con consistenza limitata o nulla

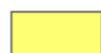
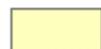
-  F1 - Limi argillosi e argille limose
-  F2 - Limi e argille con torbe

PS approvato – Estratto QC.G-05
Carta delle categorie di sottosuolo

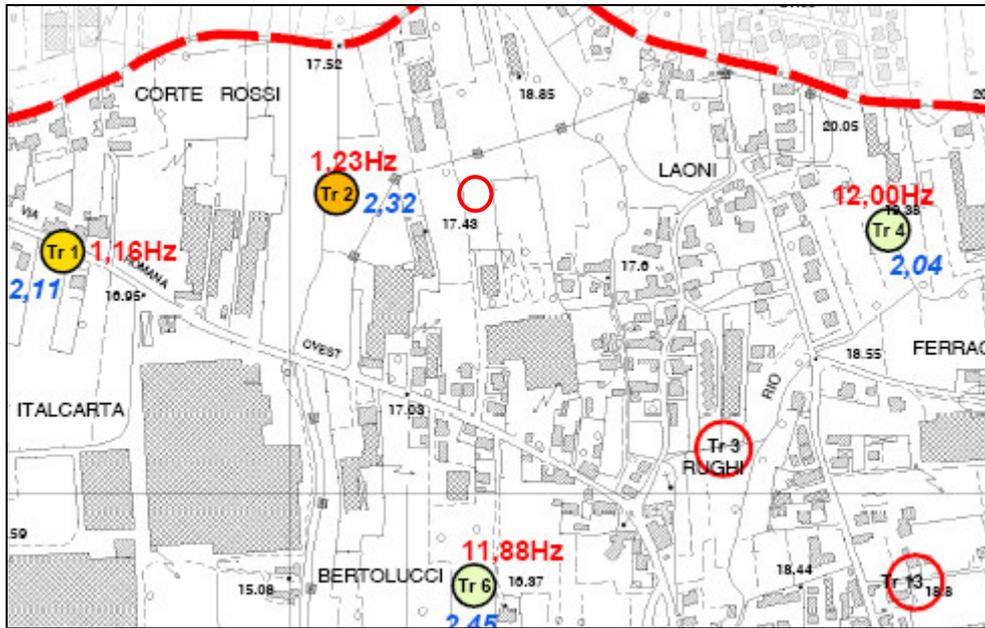


CATEGORIA DEI SUOLI DI FONDAZIONE

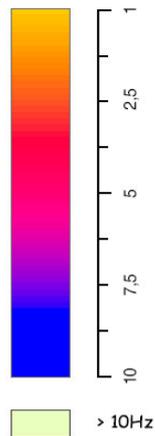
- B)** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s
- C)** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati, o di 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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s

-  Aree con profilo B accertato tramite indagine sismica
-  Aree con profilo B presunto da dati stratigrafici

PS approvato – Estratto QC.G-06a
 Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 1-20Hz



Frequenza di risonanza in Hz



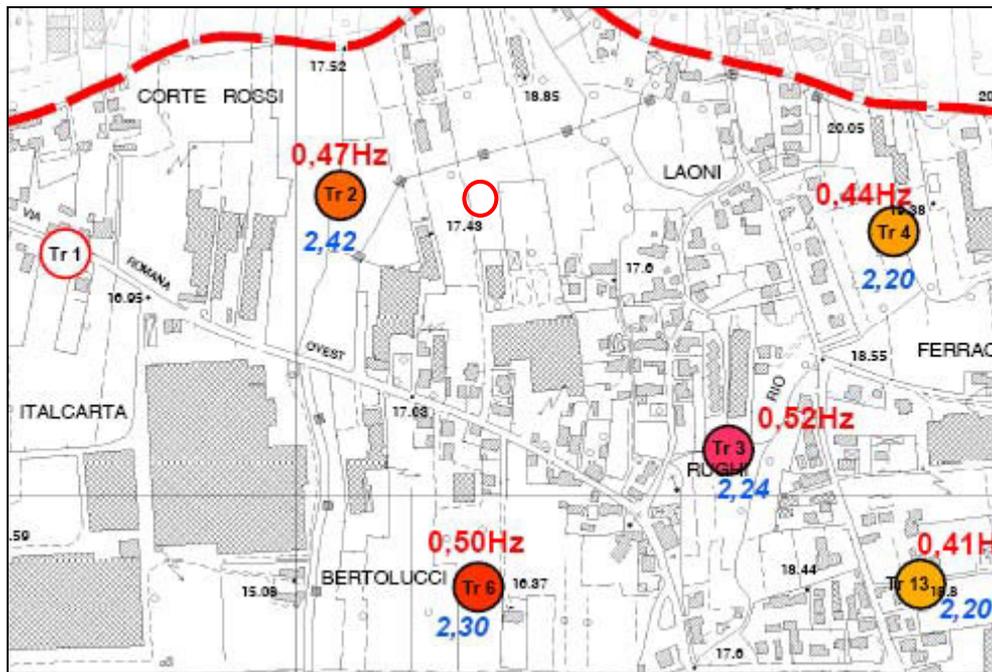
H/V nell'intervallo di frequenze 1-20 Hz



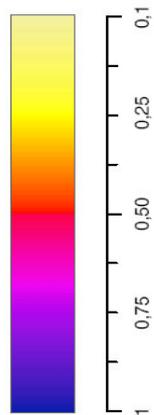
10,25Hz
 Tr 20
 2,60

In nero il numero d'ordine della stazioni, in rosso i valori di frequenza ed in blu i valori di ampiezza di risonanza

PS approvato – Estratto QC.G-06b
 Carta delle frequenze principali di risonanza del sottosuolo nell'intervallo 0.1-1Hz



Frequenza di risonanza in Hz

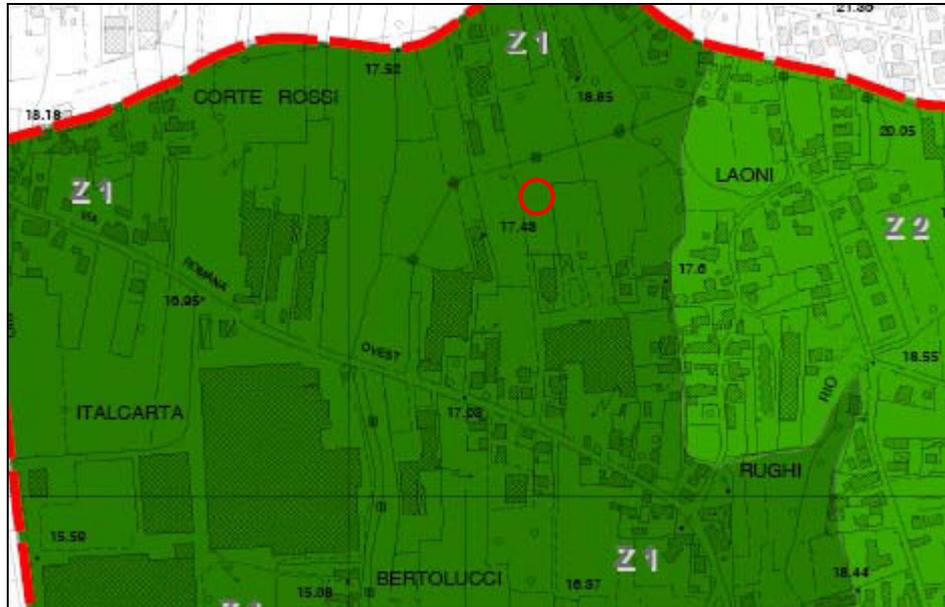


H/V nell'intervallo di frequenze 0,1-1 Hz

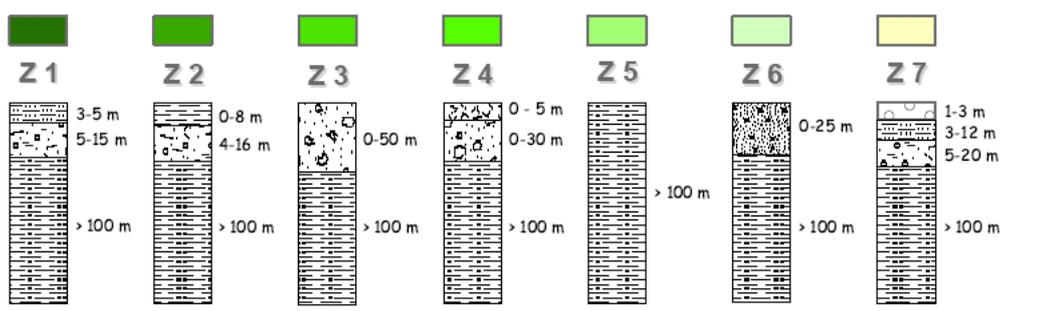
- 2,00 - 2,50
- 2,51 - 3,00
- Assenza di risonanza

10,25Hz
 2,60 (120) In nero il numero d'ordine della stazioni, in rosso i valori di frequenza ed in blu i valori di ampiezza di risonanza

PS approvato – Estratto QC.G-07
 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (mops)



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Argille, argille limose con livelli di limi sabbiosi, da consistenti a dure

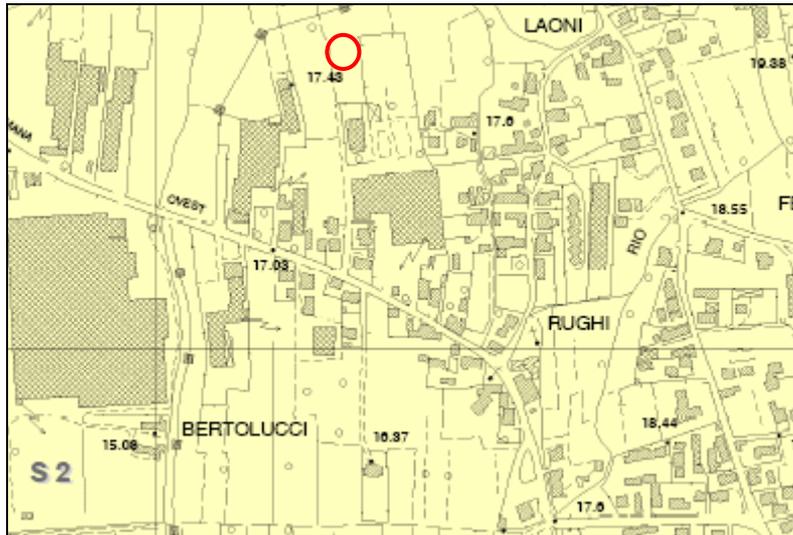


Ciottoli, ghiaie e sabbie da addensate a molto addensate



Limi sabbiosi e sabbie limose mediamente consistenti

PS approvato – Estratto QP.G-03
Carta della pericolosità sismica



CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA

	Classe	Pericolosità	Caratteri
	S.2	MEDIA	Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

3. D.P.C.M. 5/11/99

Nelle cartografie (stralcio n. 34) del Piano stralcio Rischio Idraulico l'area di variante risulta:

- al di fuori delle aree destinate ad “Interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico”;
- al di fuori delle aree perimetrare come “Aree di pertinenza fluviale dell’Arno e degli affluenti”;
- al di fuori delle perimetrazioni di cui alla “Carta guida delle aree allagate”.

4. PAI Arno

Nelle cartografie del Piano stralcio Assetto Idrogeologico dell’Arno l’area di variante risulta:

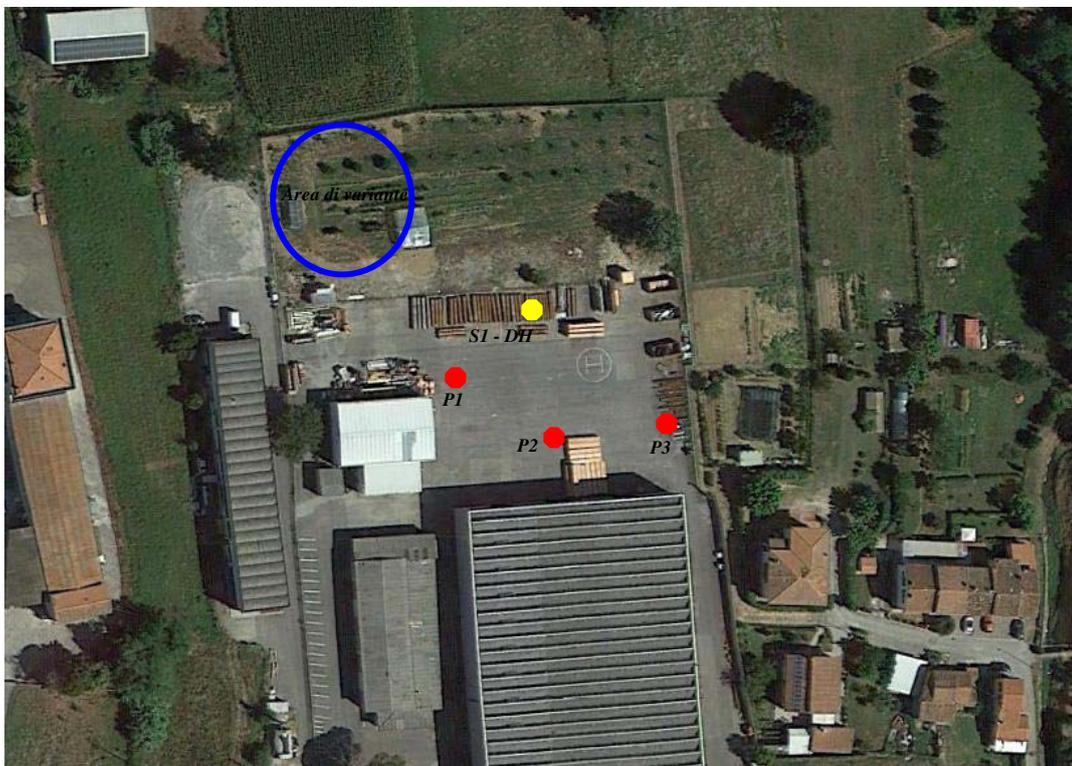
- classificata a pericolosità idraulica P.I.1 nella cartografia riportante la “Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica-livello di dettaglio” (stralcio n. 162);

- al di fuori delle aree campite nella cartografia riportante la “Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologica di versante -livello di sintesi” (stralcio n. 34);
- al di fuori delle aree campite nella cartografia riportante la “Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall’inventario fenomeni franosi -livello di dettaglio” (stralcio n. 162).

5. APPROFONDIMENTI LOCALI

Gli approfondimenti illustrati in questo capitolo conseguono accertamenti recentemente svolti in adiacenza all’area di variante, a supporto dell’ampliamento del fabbricato industriale principale.

Per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche, litotecniche e sismiche locali è stata in particolare effettuata una campagna geognostica a mezzo di n. 3 prove penetrometriche statico – dinamiche pesanti (CPT – DPSH), un sondaggio geognostico (S1) ed una prospezione sismica in foro (DH), il tutto ubicato come indicato nella Pianta – immagine ripresa da Google Earth.



5.1. Prove penetrometriche statiche

Lo strumento utilizzato è un penetrometro statico prodotto dalla PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT, modello TG63/200 da 200 kN di spinta, con punta meccanica tipo Begemann, cella di carico di sommità Hottinger classe 0,2 e centralina elettronica di rilevamento dati.

Nei diagrammi e nelle tavole dell'All. n° 1 sono riportate le misure effettuate ogni 20 cm di avanzamento della punta. Sono stati rilevati i valori di:

- Rp: resistenza alla punta, a rottura (kg/cm²)
- Rf: " di attrito laterale locale (kg/cm²)
- Ft: " all'avanzamento totale della colonna (kg)

E' stato inoltre calcolato il valore del rapporto Rp/Rf, noto con il nome di rapporto Begemann: esso dipende dalla granulometria dei terreni attraversati e permette pertanto la ricostruzione della stratigrafia dei terreni, come riportato a fianco dei diagrammi con simbologia internazionale secondo l'interpretazione di SEARLE (1979).

Nelle tavole sono inoltre riportati i valori derivati di:

- angolo di attrito interno (φ in °);
- densità relativa (Dr in %);
- coesione non drenata (c_u in kg/cm²);
- coefficiente di compressibilità volumetrica (mv in cm²/kg).

Le prove statiche che si sono arrestate alla profondità di ml 3.8 ÷ 4.6 dal piano del piazzale. Le prove sono state approfondite mediante metodologia dinamica pesante.

5.2. Prove penetrometriche dinamiche pesanti

La prova Penetrometrica Dinamica Standard (DPSH), con o senza rivestimento laterale, consiste nell'infiggere una punta conica sormontata da una batteria di aste nel terreno, utilizzando una massa battente (maglio) che cade liberamente da un'altezza fissa alla velocità costante di 20÷25 battute al minuto. Durante la prova, ogni 20 cm di avanzamento si rileva il numero di colpi N necessari all'affondamento della punta; ogni asta si valuta la verticalità della batteria d'aste e l'attrito laterale lungo la stessa (nelle prove senza rivestimento).

Lo strumento utilizzato per le presenti prove è un penetrometro dinamico modello PAGANI TG63/200 KN (tipo "Emilia" superpesante DPSH) avente le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63.5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- sezione della punta conica: 20 cmq
- angolo di apertura della punta: 60°
- intervallo di lettura del numero di colpi (penetrazione Standard): 20 cm

Dal numero di colpi N_{20} si ricava la resistenza dinamica di punta R_d in kg/cm² attraverso la già citata *Formula Olandese*:

$$R_d = \frac{M^2}{M + M_s + \Sigma P} \times \frac{h}{A \cdot e}$$

dove:

M :	peso del maglio	(kg 63.5)
M_s :	peso del sistema di battuta	(0.5 kg)
P :	peso delle aste	(kg 6.25 cad.)
h :	alzata del maglio	(cm 75)
A :	sezione della punta	(cm ² 20)
e :	avanzata per colpo o rifiuto	(cm)

I valori di N_{20} e di R_d sono tabulati e diagrammati in funzione della profondità in metri.

I valori del numero di colpi registrato ogni 20 cm di avanzamento della punta (N_{20}) vengono inoltre correlati al numero di colpi della prova di penetrazione standard (N_{spt}) secondo le esperienze di Borowczyk e Frankowshy (1981) attraverso un fattore di correlazione β .

Le prove sono state spinte sino alla profondità di 9 m (P1) e di 10 m (P2 e P3).

5.3. Sondaggio geognostico

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito nel mese di novembre 2013 con sonda cingolata e carotiere semplice Ø101 mm ed è stato spinto fino alla profondità di ml 31 sotto la superficie del terreno. Nel corso del sondaggio sono state effettuate le seguenti operazioni:

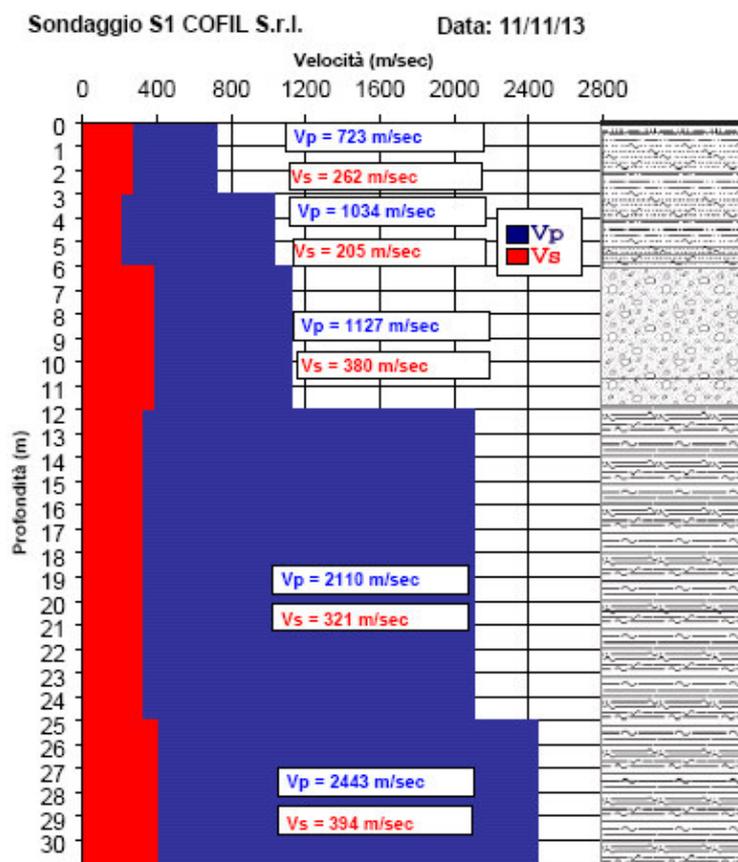
- 1) ricostruzione della stratigrafia di dettaglio dei terreni attraversati;

2) n° 5 prove SCPT (Standard Cone Penetration Test) a fondo foro;

3) prove con Pocket Penetrometer e Vane Test sulle carote di terreno fine sabbioso, limoso e argilloso prelevate durante il sondaggio.

5.4. Prospezione downhole

La prospezione downhole è stata eseguita dalla Geoprove S.a.S. di Lucca nel mese di novembre 2013. Per la strumentazione utilizzata e le modalità operative si rimanda alla specifica relazione tecnica di cui all'All. n° 3, mentre di seguito si riporta il grafico riepilogativo con indicati gli strati individuati e le relative velocità riscontrate.



5.5. Stratigrafia di dettaglio dei terreni

Con riferimento ai risultati delle indagini geognostiche eseguite, la stratigrafia del sito può essere sintetizzata come segue.

- In superficie, al di sotto dei primi 40÷60 cm di asfalto e terreno di riporto, fino alla profondità di 5÷5.5 m, si incontra uno strato di **limi argilloso sabbiosi**, di consistenza *compatta* fino alla profondità di 1.6 m (P3) ÷2.6 m (P1 e P2) caratterizzati da valori di

- resistenza alla punta del penetrometro statico $R_p = 10/12 \div 16/18 \text{ kg/cm}^2$, cui corrisponde a breve termine per la frazione coesiva una coesione non drenata $c_u = 0.6 \div 0.8 \text{ kg/cm}^2$, con un coefficiente di compressibilità volumetrica $m_v = 0.0229/0.0022 \div 0.016 \text{ cm}^2/\text{kg}$, quindi al di sotto di consistenza molto compatta caratterizzati da valori di resistenza alla punta del penetrometro statico $R_p = 16/20 \div 23/28 \text{ kg/cm}^2$, cui corrisponde a breve termine per la frazione coesiva una coesione non drenata $c_u = 1.0 \div 1.5 \text{ kg/cm}^2$ ed $m_v = 0.020/0.0017 \div 0.014/0.0013 \text{ cm}^2/\text{kg}$. A lungo termine a tale strato può essere attribuito un angolo di attrito interno $\varphi = \varphi' \cong 29^\circ \div 31^\circ$. Il peso di volume del terreno naturale $\gamma = 1.90 \text{ kg/dm}^3$ ed il peso di volume immerso $\gamma' = 1.05 \text{ kg/dm}^3$.
- Seguono discontinuamente, per uno spessore (laddove presente) di $0.8 \div 1.2 \text{ m}$ c.a., delle **sabbie più o meno limose con ghiaie sparse**, da sciolte a mediamente addensate, caratterizzate da un numero di colpi $N_{spt} = 6 \div 14$, valori cui corrisponde un angolo di attrito interno $\varphi = \varphi' \cong 29^\circ \div 31^\circ$, $m_v = 0.015 \div 0.010 \text{ cm}^2/\text{kg}$. A tale strato può essere attribuito un peso di volume del terreno naturale $\gamma = 1.90 \text{ kg/dm}^3$ ed un peso di volume volume immerso $\gamma' = 1.05 \text{ kg/dm}^3$.
 - Da 5 m a 7 m seguono delle **ghiaie e sabbie con ciottoli sparsi, da mediamente addensate ad addensate**, come testimonia il numero di colpi dello Standard Penetration Test in foro - $N_{spt} = 20 \div 47$, ed un numero di colpi del dinamico supepesante riportato ai valori dello STP = $18/20 \div 60/90$, valori ai quali corrispondono $\varphi = \varphi' \cong 33^\circ \div >38^\circ$ e D_r medio $>60/80\%$. Il coefficiente di compressibilità volumetrico m_v è stimato in $0.006 \div 0.002 \text{ cm}^2/\text{kg}$. A tale strato può essere attribuito un peso di volume del terreno naturale $\gamma = 1.95 \text{ kg/dm}^3$ ed un peso di volume volume immerso $\gamma' = 1.1 \text{ kg/dm}^3$.
 - Dalla profondità suddetta si rinvencono quindi dei **limi argilloso sabbiosi** grigi, molto duri, appartenenti ai depositi fluviolacustri, caratterizzati da un numero di colpi in foro dello standard penetration test $N_{spt} = 80$.

5.6. Parametri sismici

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, sono stabilite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione: questa 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 (categoria **A**), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_c(T)$, con riferimento a prefissate possibilità di eccedenza P_{V_r} (vedi tabella) nel periodo di riferimento V_r (“Vita di riferimento”).

Le forme spettrali sono 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

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, di esercizio ed ultimi, sono i seguenti

Stati limite		PVr: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

SLO: Stato limite di operatività

SLD: Stato limite di danno

SLV: Stato limite di salvaguardia della vita

SLC: Stato limite ultimo di prevenzione del collasso

Vr = Vn * Cu vita di riferimento, data dal prodotto della Vita Nominale Vn per il Coefficiente d'uso Cu

La nuova normativa definisce l'azione sismica per quattro classi d'uso delle strutture:

2.4.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C _U	0,7	1,0	1,5	2,0

In particolare, per le coordinate del sito lat 43°,858346 e long 10°,609017, si otterranno, in base alla relazione sottostante i valori di accelerazione di base.

$$a_g = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{a_{g_i}}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,045	2,531	0,241
50	0,055	2,555	0,255
72	0,062	2,572	0,266
101	0,071	2,556	0,273
140	0,080	2,568	0,278
201	0,094	2,479	0,283
475	0,132	2,390	0,292
975	0,168	2,371	0,301
2475	0,223	2,399	0,313

Per quanto concerne i parametri da assumere nella progettazione, per una vita nominale dell'edificio $V_N = 50$ anni ed ipotizzando per il fabbricato in questione una Classe d'uso II, si ha una vita di riferimento $V_R = C_u * V_N = 1.0 * 50 = 50$ anni, il che determina i seguenti valori dei parametri da assumere per la progettazione agli stati limite, ottenuti con il programma "Spettri - NTC" pubblicato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,045	2,531	0,241
SLD	50	0,055	2,555	0,255
SLV	475	0,132	2,390	0,292
SLC	975	0,168	2,371	0,301

5.7. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, nelle nuove norme viene data importanza sostanziale ai diversi profili stratigrafici del sottosuolo, i quali, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica, possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base.

Nel caso in studio sono esclusi problemi di stabilità, essendo il sito subpianeggiante.

In merito alla suscettibilità dei terreni alla liquefazione i depositi non risultano liquefacibili in base ai criteri proposti dagli *Indirizzi e Criteri per la MS*.

Infatti dalle misure rilevate delle onde di taglio V_s nella prospezione sismica in foro effettuata, lo strato sotto falda a minor velocità compreso tra la profondità di 3 e – 6 m nel rilievo, considerando peraltro mediamente la falda a – 2 m, è pari a 205 m/sec, ovvero corrispondente ad una velocità normalizzata $V_{s1} = C_v V_s = 1.12 \times 205 = 229$ m/s.

Come risulta dalle *Carte per la stima della Resistenza Normalizzata CRR di un terreno sabbioso saturo* si può facilmente constatare che essendo $V_{s1} \gg 190 \div 195$ m, che corrisponde alla velocità limite perché avvengano fenomeni di liquefazione in terreni fini con $F_c \Rightarrow 35\%$ con sismi di Magnitudo $M = 7.5$ (contro $M_w \max = 6.14$ per il sito in studio), i terreni non possono dar luogo alla liquefazione.

Per la determinazione della “*Categoria di suolo di fondazione*” così come richiesto dal D.M 14 Gennaio 2008 - *Norme tecniche per le costruzioni* nei riguardi della misura della velocità media delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri sotto la superficie del terreno (V_{s30}) e della determinazione dei fattori amplificativi dell’azione sismica, si è fatto riferimento ai risultati dell’apposita campagna geofisica realizzata, che, come riportato al par. 2.2., ha consentito di calcolare, considerando una profondità media di appoggio della fondazione $z = 2$ m sotto la superficie del terreno, in 307 m/sec la V_{s30} del sito, che risulta quindi attribuibile alla **categoria di sottosuolo di fondazione C**.

Per quanto concerne invece le condizioni topografiche, il sito è classificabile in Categoria T1, come da tabella sottostante:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

5.8. Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5% moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

In particolare, lo spettro di risposta elastico varia in funzione di alcuni coefficienti, tra i quali, riferibili al “fattore terreno” (vedi tabella)

$S = S_s * S_t$: è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo (S_s) e delle condizioni topografiche (S_t)

C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Definita la categoria di sottosuolo C e la categoria topografica T1, il Progettista, una volta determinato il fattore di struttura e la “regolarità o meno in altezza”, potrà giungere a definire i parametri e spettri di risposta per lo stato limite SLV.

PARTE 2 – LA FATTIBILITA’

6. LE CONDIZIONI DI FATTIBILITA’ DELLA VARIANTE

In applicazione a quanto previsto dalla normativa regionale in tema di indagini geologiche di supporto alle scelte urbanistiche (DPGR 21 Ottobre 2011 n.53/R) l’attribuzione del grado di fattibilità rappresenta la sintesi finale dello studio geologico ed indica la compatibilità fra le condizioni geomorfologiche, idrografiche, idrauliche e sismiche di una area o sito del territorio in rapporto alle scelte urbanistiche.

La normativa regionale al punto C2 del Allegato A del 53R definisce i diversi gradi di fattibilità secondo lo schema di seguito riportato:

- **Fattibilità senza particolari limitazioni (I):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali che non necessitano di prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all’attività edilizia.
- **Fattibilità con normali vincoli (II):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali sono individuate le tipologie di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all’attività edilizia.
- **Fattibilità condizionata (III):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è definita la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.
- **Fattibilità limitata (IV):** si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che sono stati individuati e definiti nel regolamento urbanistico sulla base di studi e verifiche atti a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.

La classe di fattibilità esprime pertanto un giudizio di ammissibilità della trasformazione, subordinato o meno a prescrizioni di verifica e/o approfondimento, scaturente dal confronto fra la tipologia della trasformazione urbanistica stessa e le varie condizioni di pericolosità che caratterizzano l’area in questione.

Alla luce di quanto emerso dall’analisi dei dati conoscitivi e comparando la tipologia degli interventi previsti con i gradi di pericolosità geologica, idraulica e sismica definiti per l’area nel capitolo precedente la fattibilità ai sensi del DPGR 21 Ottobre 2011 n.53/R viene sintetizzata nella tabella di seguito riportata.

Pericolosità	Fattibilità	Prescrizioni
G.1	F.1	Nessuna prescrizione
S.2	F.2	Sono prescritti a supporto dell'intervento diretto approfondimenti di indagini geotecniche e sismiche, condotte a norma sia del D.M. 14 Gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni (NTC2008) e successive eventuali modifiche ed integrazioni, sia del D.P.G.R. 36/R/2009, secondo i criteri stabiliti dalle Istruzioni Tecniche del Progetto V.E.L. della Regione Toscana.
I.2	F.2	Al fine di accrescere le condizioni di sicurezza è prescritto che i piani di calpestio dei piani terra siano sopraelevati di almeno 15 cm rispetto ai piazzali esterni

Quanto sopra anche considerato che il PAI dell'Arno non riconosce, sull'area in questione, alcun grado di pericolosità geomorfologica, mentre riconosce una pericolosità idraulica (livello di dettaglio) di classe P.I.1, per la quale le norme di attuazione non dettano prescrizione alcuna a livello di pianificazione urbanistica o di intervento diretto.

6.1. Prescrizioni particolari derivanti dall'art. 41 del PS approvato

Nel rispetto delle norme di salvaguardia del Piano Strutturale recentemente approvato si riporta di seguito l'art. 41 del PS medesimo, alle cui disposizioni – finalizzate al contenimento degli effetti dell'impermeabilizzazione del suolo – è subordinata l'attuazione dell'intervento previsto dalla variante de quo.

1. «Al fine di minimizzare gli effetti dell'impermeabilizzazione del suolo il Regolamento Urbanistico e gli altri strumenti di governo del territorio dovranno assoggettare le trasformazioni ammissibili previste alle seguenti disposizioni:

a) *ogni trasformazione di nuova edificazione (realizzazione di nuovi edifici o ampliamento di edifici esistenti) deve garantire il mantenimento di una superficie scoperta permeabile, cioè tale da consentire l'assorbimento anche parziale delle acque meteoriche, pari ad almeno il 25 per cento della superficie fondiaria di pertinenza del nuovo edificio. Si definisce superficie permeabile di pertinenza di un edificio la superficie non impegnata da costruzioni fuori terra o interrato che consenta l'assorbimento almeno parziale delle acque meteoriche.*

b) *è vietato il convogliamento delle acque piovane in fognatura o nei corsi d'acqua, quando sia tecnicamente possibile il loro convogliamento in aree permeabili, senza determinare fenomeni di ristagno.*

c) *nuovi spazi pubblici o privati destinati a viabilità pedonale o meccanizzata devono essere realizzati con modalità costruttive idonee a*

consentire l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque, salvo che tali modalità costruttive non possano essere utilizzate per comprovati motivi di sicurezza igienico-sanitaria e statica o di tutela dei beni culturali e paesaggistici.

d) i piani attuativi, nonché i progetti di trasformazioni edilizie comportanti la realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili superiori a 1000 metri quadrati, devono prevedere il totale smaltimento delle acque meteoriche provenienti dai manti di copertura degli edifici e dalle altre superfici totalmente impermeabilizzate o semipermeabili, ove queste ultime non siano suscettibili, in ragione delle utilizzazioni in atto o previste, di contaminare tali acque, nel suolo degli spazi scoperti, pertinenziali o autonomi, dell'area interessata, ovvero, in subordine, nel reticolo idrografico superficiale, comunque contenendo l'entità media delle portate scaricate, se del caso con la previsione e la realizzazione di vasche volano, o di altri idonei accorgimenti, entro il limite massimo di 50 litri al secondo per ogni ettaro di superficie scolante, valutati tenendo conto di una pioggia oraria con tempo di ritorno ventennale. Soltanto nei casi di comprovata impossibilità di rispettare le predette disposizioni può essere previsto lo smaltimento tramite fognature di acque meteoriche, comunque contenendo il loro contributo, se del caso con la previsione e la realizzazione di vasche volano, entro il limite massimo di 50 litri al secondo per ogni ettaro di superficie scolante, e comunque entro limiti da concordare con il soggetto gestore della rete fognaria, e tali da non porre la necessità di ampliamenti dei collettori fognari principali.

e) i progetti delle trasformazioni edilizie comportanti la realizzazione di superfici impermeabili o parzialmente permeabili comprese tra 250 e 1000 metri quadrati, devono prevedere il totale smaltimento delle acque meteoriche provenienti dai manti di copertura degli edifici e dalle altre superfici totalmente impermeabilizzate o semipermeabili, ove queste ultime non siano suscettibili, in ragione delle utilizzazioni in atto o previste, di contaminare tali acque, nel suolo degli spazi scoperti, pertinenziali o autonomi, dell'area interessata, ovvero, in subordine, nel reticolo idrografico superficiale o in pubblica fognatura, comunque contenendo l'entità media delle portate scaricate, se del caso con la previsione e la realizzazione di vasche volano, o di altri idonei accorgimenti, entro il limite massimo coincidente con quello fornito dall'area nella situazione pre-intervento, valutato tenendo conto di una pioggia oraria con tempo di ritorno ventennale. Può essere fatta eccezione soltanto per dimostrati motivi di sicurezza e di stabilità dei pendii, ovvero di tutela di interessi storici.

2. Le valutazioni di cui al comma precedente devono essere effettuate tenendo conto che:
- a) *per superficie si intende quella modificata;*
 - b) *la pioggia oraria ventennale viene fissata in 60 mm;*
 - c) *vengono riconosciute 3 sole tipologie di superfici scolanti con i seguenti coefficienti di deflusso:*
 - o *impermeabile (tetti, piazzali e strade in asfalto/cemento) = 1,*
 - o *artificiale drenante (autobloccanti e asfalti drenanti, ecc.) e piazzali non asfaltati = 0.5*
 - o *area a verde = 0.2*
 - d) *le modalità di stoccaggio provvisorio possono essere: vasche ad hoc, aree a verde ribassate, fosse e collettori fognari;*
 - e) *le acque meteoriche, stoccate con le modalità suddette, dovranno essere immesse nel reticolo idrografico superficiale o in pubblica fognatura tramite una bocca tarata dimensionata in maniera tale che la massima portata che da essa può defluire sia minore od uguale al valore limite definito al precedente comma 1;*
 - f) *il calcolo dei volumi di pioggia si deve basare su una intensità costante di pioggia. »*

Lucca, ottobre 2015

STUDIO DI GEOLOGIA BARSANTI, SANI & ASSOCIATI
Dr. Geol. Paolo Sani

STUDIO DI GEOLOGIA
BARSANTI, SANI & ASSOCIATI
via Buiamonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461
Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

COFIL S.R.L.

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DI UN
PIANO DI RECUPERO - IN VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
DI UN'AREA SITA IN VIA ROMANA OVEST FRAZIONE DI RUGHI -
COMUNE DI PORCARI (LU)**

ALL. N° 1 - TAVOLE E DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE



Prove Penetrometriche Statiche

ELABORAZIONE DATI

Committente : COFIL S.r.l.
 Località: Ruggi - Porcari (LU)
 Data: 18/11/13
 N° totale di prove: 3

Cartella: RuggiPorcari131118CofilSrl

Penetrometro

Ditta produttrice: PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
 Modello: TG63-200
 Spinta: 200 KN
 Punta: meccanica tipo Begemann
 Cella di carico di sommità: Hottinger - Classe: 0,2
 Centralina elettronica di rilevamento dati

Legenda

A	= resistenza totale alla punta	(Kg)
B	= resistenza totale alla punta + manicoto	(Kg)
T	= resistenza totale	(Kg)
Rp	= resistenza alla punta	(Kg/cmq)
Rf	= resistenza laterale	(Kg/cmq)
Rp/Rf	= rapporto Begemann	

Valori derivati

α	= angolo d'attrito interno	(°)
Dr	= densità relativa	(%)
Cu	= coesione non drenata	(Kg/cmq)
mv	= coefficiente di compressibilità volumetrica	(cmq/Kg)

N.B.: I valori derivati si basano sulle correlazioni empiriche o semiempiriche proposte da Begemann, Searle, Shmertmann e Altri. Si declina qualsiasi responsabilità sull'uso di tali dati senza adeguate verifiche dirette (sondaggi, prove di laboratorio su campioni indisturbati etc.)

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Legende della stratigrafia schematica

Begemann (1965)	
Torbe e arg. organiche	#=#=#=#=#
Argille	=====
Limi argillosi	~~~===~~~
Limi	~~~~~
Limi argille sabbie	~~~===*~*~*
Sabbie limose	*~*~*~*~*~*~*
Sabbie fini
Sabbie grossolane
Sabbie e ghiaie	0*0*0*0*0*0

Searle (1979)	
Torbe	#####
Argille torbose	#=#=#=#=#
Argille	=====
Argille limose	===~*~*~*===
Limi argillosi	~~~===~~~
Limi argillosi sabbiosi	~~~*~*~*~*~*~*~*
Sabbie limose argillose	*~*~*~*~*~*~*
Sabbie fini
Sabbie
Sabbie ghiaiose	0*0*0*0*0*0
Ghiaie sabbiose	00*00*00*00*00
Ghiaie	0000*0000*0000

Riporto	vengono indicati nei livelli per i quali sono disponibili informazioni derivanti da altri mezzi di indagine
Substrato roccioso	

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Committente : COFIL S.r.l.

Data: 18/11/2013

Località: Rughì - Porcari (LU)

File: ps1311181

Quota: p.c.	Livello della falda:			Parametri meccanici del terreno										
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0.2														
0.4														
0.6														
0.8														
1	150	270	380	15	1.2	12.5	--	--	0.8	0.019	--	--	1.0	0.019
1.2	150	330		15	0.9	16.1	--	--	0.6	0.017	--	--	0.8	0.017
1.4	160	300		16	1.1	15.0	--	--	0.8	0.018	--	--	0.8	0.018
1.6	100	260		10	0.8	12.5	--	--	0.5	0.029	--	--	0.7	0.029
1.8	90	210		9	0.7	13.5	--	--	0.5	0.032	--	--	0.6	0.032
2	130	230	490	13	1.1	12.2	--	--	0.7	0.022	--	--	0.9	0.022
2.2	130	290		13	1.1	12.2	--	--	0.7	0.022	--	--	0.9	0.022
2.4	110	270		11	1.3	8.7	--	--	0.7	0.023	--	--	0.7	0.023
2.6	180	370		18	1.3	14.2	--	--	0.9	0.016	--	--	0.9	0.016
2.8	200	390		20	1.4	14.3	--	--	1.0	0.020	--	--	1.0	0.020
3	200	410	580	20	1.4	14.3	--	--	1.0	0.020	--	--	1.0	0.020
3.2	180	390		18	1.7	10.8	--	--	1.2	0.014	--	--	1.2	0.014
3.4	190	440		19	1.9	10.2	--	--	1.3	0.013	--	--	1.3	0.013
3.6	190	470		19	1.4	13.6	--	--	1.0	0.015	--	--	1.3	0.015
3.8	250	460		25	2.1	12.1	--	--	1.3	0.016	--	--	1.7	0.016
4	250	560	630	25										

Prova approfondita con penetrometro dinamico pesante tipo DPSH

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Committente : COFIL S.r.l.

Data: 18/11/2013

Località: Rughì - Porcari (LU)

File: ps1311182

Quota: p.c.	Livello della falda:			Parametri meccanici del terreno										
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0.2														
0.4														
0.6														
0.8														
1	60	90	150	6	0.4	15.0	--	--	0.3	0.033	--	--	0.3	0.033
1.2	230	290		23	1.1	20.3	--	--	0.9	0.014	--	--	1.2	0.014
1.4	170	340		17	0.9	18.2	--	--	0.7	0.015	--	--	0.9	0.015
1.6	130	270		13	0.8	16.3	--	--	0.5	0.019	--	--	0.7	0.019
1.8	120	240		12	0.7	16.4	--	--	0.5	0.021	--	--	0.6	0.021
2	120	230	490	12	0.6	20.0	--	--	0.5	0.021	--	--	0.6	0.021
2.2	140	230		14	0.9	15.0	--	--	0.7	0.020	--	--	0.7	0.020
2.4	130	270		13	1.1	12.2	--	--	0.7	0.022	--	--	0.9	0.022
2.6	160	320		16	1.1	15.0	--	--	0.8	0.018	--	--	0.8	0.018
2.8	190	350		19	1.3	14.3	--	--	1.0	0.015	--	--	1.0	0.015
3	210	410	550	21	1.4	15.0	--	--	1.1	0.019	--	--	1.1	0.019
3.2	210	420		21	1.3	16.6	--	--	0.8	0.016	--	--	1.1	0.016
3.4	200	390		20	1.1	18.8	--	--	0.8	0.017	--	--	1.0	0.017
3.6	220	380		22	1.4	15.7	--	--	1.1	0.018	--	--	1.1	0.018
3.8	240	450		24	1.4	17.1	--	--	1.0	0.014	--	--	1.2	0.014
4	280	490	680	28	1.9	14.5	--	--	1.4	0.014	--	--	1.4	0.014
4.2	280	570		28	2.2	12.7	--	--	1.4	0.014	--	--	1.9	0.014
4.4	260	590		26	2.3	11.5	--	--	1.7	0.013	--	--	1.7	0.013
4.6	270	610		27										

Prova approfondita con penetrometro dinamico pesante tipo DPSH

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Committente : COFIL S.r.l.

Data: 18/11/2013

Località: Rughi - Porcari (LU)

File: ps1311183

Quota: p.c.	Livello della falda:			Parametri meccanici del terreno										
	Letture di campagna			Valori derivati			(Searle 1979)				(Begemann 1968)			
profond.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	ϕ	Dr	Cu	mv	ϕ	Dr	Cu	mv
0.2														
0.4														
0.6														
0.8														
1	170	250	350	17	1.5	11.6	--	--	1.1	0.015	--	--	1.1	0.015
1.2	190	410		19	0.8	23.8	25.5	39%	--	0.013	--	--	1.0	0.013
1.4	180	300		18	1.3	14.2	--	--	0.9	0.016	--	--	0.9	0.016
1.6	160	350		16	0.7	21.8	--	--	0.6	0.016	--	--	0.8	0.016
1.8	200	310		20	1.5	13.6	--	--	1.0	0.020	--	--	1.3	0.020
2	150	370	510	15	1.5	10.2	--	--	1.0	0.017	--	--	1.0	0.017
2.2	170	390		17	1.7	9.8	--	--	1.1	0.015	--	--	1.1	0.015
2.4	160	420		16	1.7	9.2	--	--	1.1	0.016	--	--	1.1	0.016
2.6	190	450		19	1.9	10.2	--	--	1.3	0.013	--	--	1.3	0.013
2.8	200	480		20	2.3	8.6	--	--	1.3	0.017	--	--	1.3	0.017
3	220	570	720	22	2.4	9.2	--	--	1.5	0.015	--	--	1.5	0.015
3.2	230	590		23	2.3	9.9	--	--	1.5	0.014	--	--	1.5	0.014
3.4	190	540		19	1.8	10.6	--	--	1.3	0.013	--	--	1.3	0.013
3.6	160	430		16	1.9	8.3	--	--	1.1	0.016	--	--	1.1	0.016
3.8	190	480		19										

Prova approfondita con penetrometro dinamico pesante tipo DPSH

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

ELABORAZIONE DATI

Committente : COFIL S.r.l.
Località: Rughi - Porcari (LU)
Data: 18/11/13
N° totale di prove: 3

Cartella: RughiPorcari131118CofilSrl

Penetrometro dinamico superpesante tipo "Emilia"

Ditta produttrice: PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT
Modello: TG63-200

Caratteristiche

M = 63,5 kg peso massa battente
H = 75 cm altezza di caduta del maglio
Ms = 0,7 kg peso sistema di battuta (massa passiva)
d = 5,1 cm diametro punta conica
A = 20 cmq sezione della punta conica
 ϕ = 60° angolo apertura punta
L = 1,0 m lunghezza aste
da = 3,2 cm diametro delle aste
dr = 4,8 cm diametro eventuale rivestimento
Pa = 6,25 kg peso delle aste
 δ = 20 cm penetrazione standard

Legenda

N_{20} = numero di colpi/penetrazione standard
Rd = resistenza dinamica alla punta (kg/cmq)
Nriv = numero di colpi/avanzamento rivestimento
 N_{20}^* = numero di colpi corretto in funzione dell'attrito sulle aste
(solo con punta a perdere in prove senza rivestimento)
Rd* = resistenza dinamica alla punta corretta in funzione
dell'attrito sulle aste (kg/cmq) (solo con p.a.p. in pr. s. riv.)
 β = fattore di corr. con il numero di colpi della prova SPT
Nspt = numero di colpi della prova SPT

N.B.: I valori derivati del numero di colpi della prova SPT si basano sulle correlazioni empiriche o semiempiriche proposte da vari Autori. Si declina qualsiasi responsabilità sull'uso di tali dati senza adeguate verifiche dirette (sondaggi, prove SPT)

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1		
Committente :	COFIL S.r.l.	Data: 18/11/13
Località:	Rughi - Porcari (LU)	

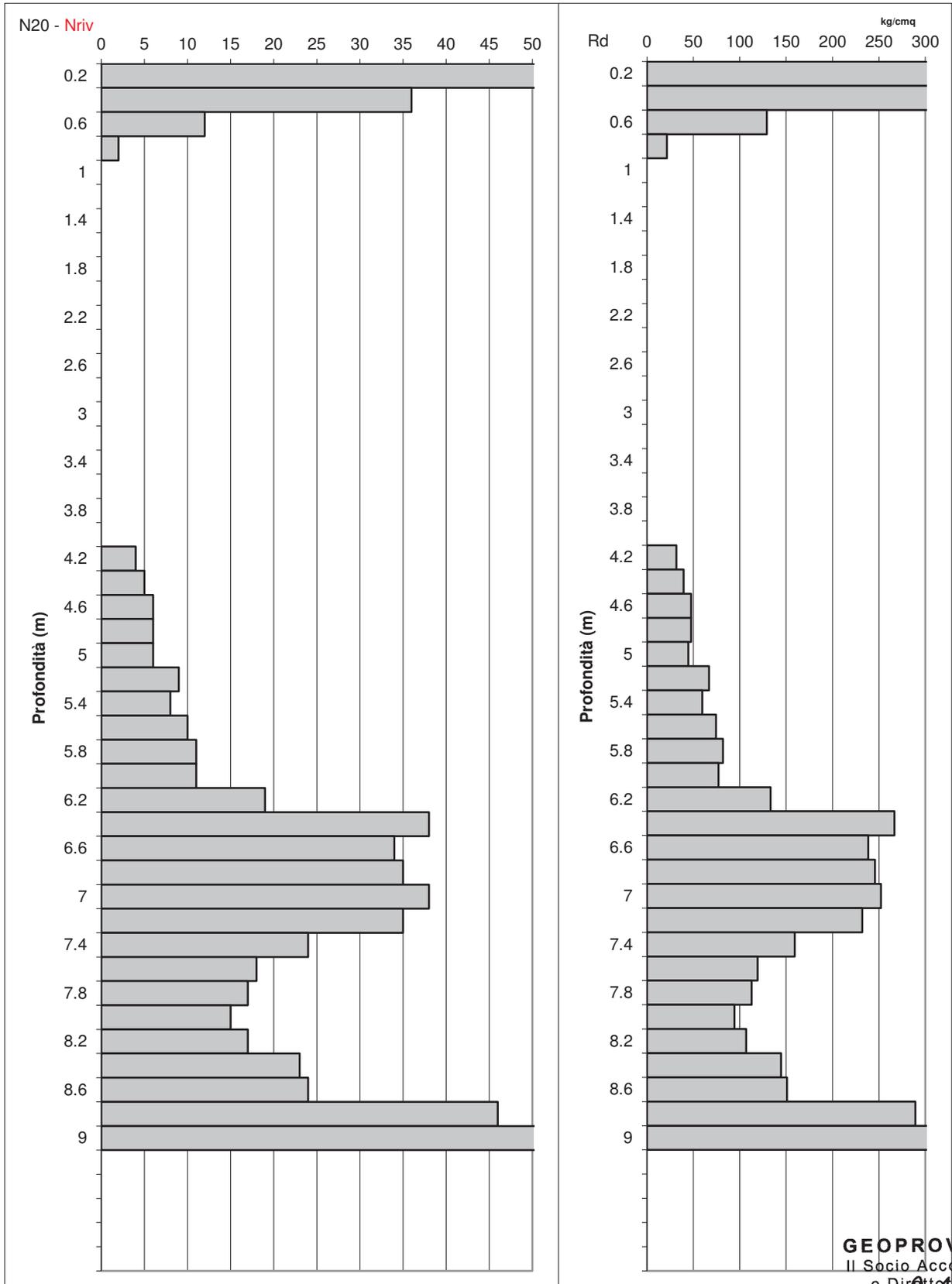
Quota: p.c.	Livello della falda:
-------------	----------------------

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	71		764.12	71	764.12	2.12	150
0.4	36		387.44	36	387.44	2.12	76
0.6	12		129.15	12	129.15	2.12	25
0.8	2		21.52	2	21.52	2.12	4
1							
1.2							
1.4	C						
1.6							
1.8							
2							
2.2							
2.4	P						
2.6							
2.8							
3							
3.2							
3.4	T						
3.6							
3.8							
4							
4.2	4		31.75	4	31.75	2.12	8
4.4	5		39.69	5	39.69	2.12	10
4.6	6		47.63	6	47.63	2.12	12
4.8	6		47.63	6	47.63	2.12	12
5	6		44.69	6	44.69	2.12	12
5.2	9		67.04	9	67.04	2.12	19
5.4	8		59.59	8	59.59	2.12	16
5.6	10		74.49	10	74.49	2.12	21
5.8	11		81.94	11	81.94	2.12	23
6	11		77.18	11	77.18	2.12	23
6.2	19		133.32	19	133.32	2.12	40
6.4	38		266.63	38	266.63	2.12	80
6.6	34		238.57	34	238.57	2.12	72
6.8	35		245.58	35	245.58	2.12	74
7	38		252.02	38	252.02	2.12	80
7.2	35		232.12	35	232.12	2.12	74
7.4	24		159.17	24	159.17	2.12	50
7.6	18		119.38	18	119.38	2.12	38
7.8	17		112.74	17	112.74	2.12	36
8	15		94.31	15	94.31	2.12	31
8.2	17		106.88	17	106.88	2.12	36
8.4	23		144.61	23	144.61	2.12	48
8.6	24		150.90	24	150.90	2.12	50
8.8	46		289.22	46	289.22	2.12	97
9	60		358.60	60	358.60	2.12	127

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 1

Committente :	COFIL S.r.l.	Data:	18/11/2013
Località:	Rughi - Porcari (LU)	File:	pdp1311181



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore tecnico
 Dr. Geo. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 2

Committente : COFIL S.r.l. Data: 18/11/13
Località: Rughi - Porcari (LU)

Quota: p.c.

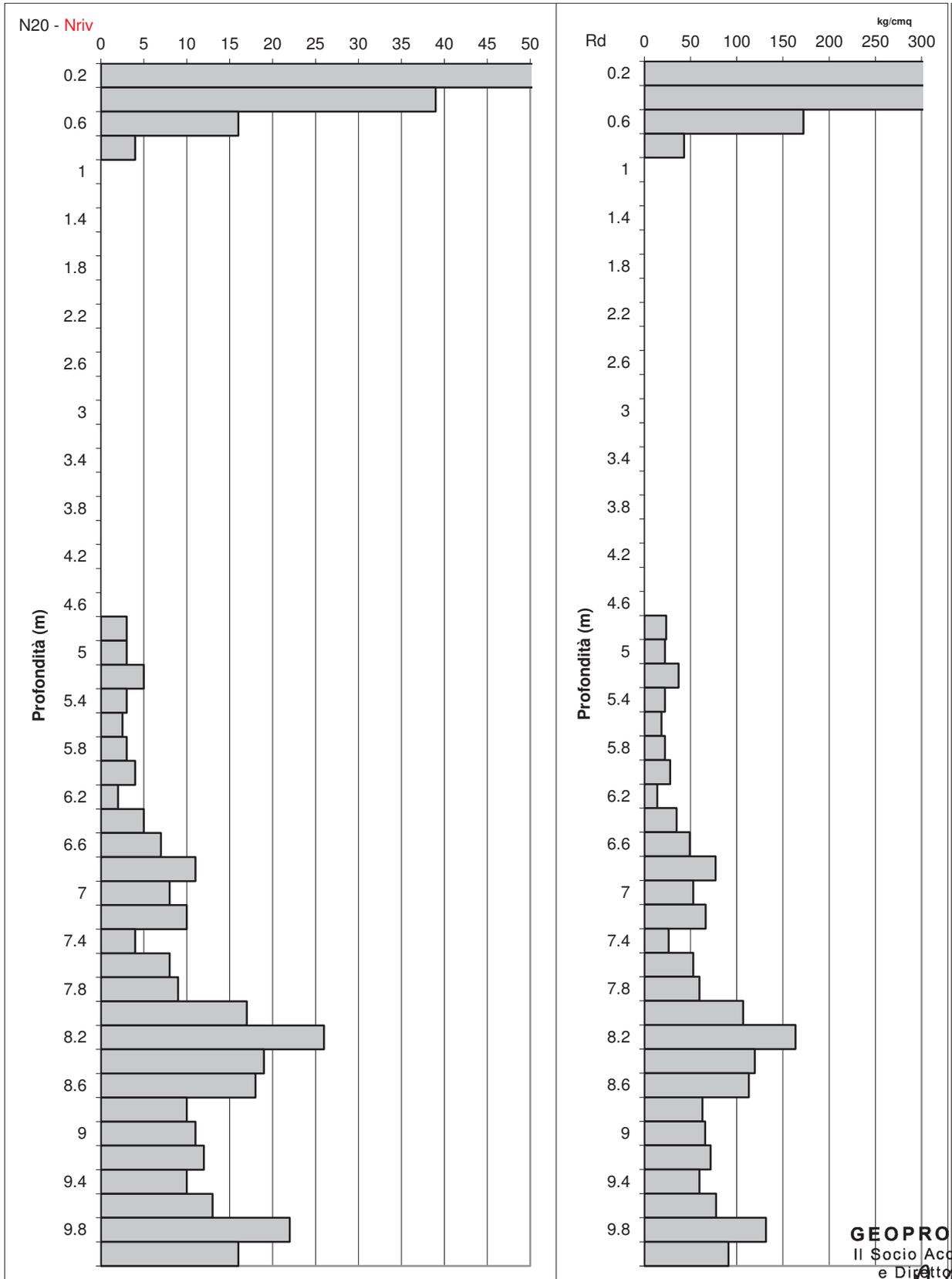
Livello della falda:

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	65		699.55	65	699.55	2.12	137
0.4	39		419.73	39	419.73	2.12	82
0.6	16		172.20	16	172.20	2.12	33
0.8	4		43.05	4	43.05	2.12	8
1							
1.2							
1.4							
1.6	C						
1.8							
2							
2.2							
2.4							
2.6	P						
2.8							
3							
3.2							
3.4							
3.6	T						
3.8							
4							
4.2							
4.4							
4.6							
4.8	3		23.81	3	23.81	2.12	6
5	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.2	5		37.24	5	37.24	2.12	10
5.4	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.6	2.5		18.62	3	18.62	2.12	5
5.8	3		22.35	3	22.35	2.12	6
6	4		28.07	4	28.07	2.12	8
6.2	2		14.03	2	14.03	2.12	4
6.4	5		35.08	5	35.08	2.12	10
6.6	7		49.12	7	49.12	2.12	14
6.8	11		77.18	11	77.18	2.12	23
7	8		53.06	8	53.06	2.12	16
7.2	10		66.32	10	66.32	2.12	21
7.4	4		26.53	4	26.53	2.12	8
7.6	8		53.06	8	53.06	2.12	16
7.8	9		59.69	9	59.69	2.12	19
8	17		106.88	17	106.88	2.12	36
8.2	26		163.47	26	163.47	2.12	55
8.4	19		119.46	19	119.46	2.12	40
8.6	18		113.17	18	113.17	2.12	38
8.8	10		62.87	10	62.87	2.12	21
9	11		65.74	11	65.74	2.12	23
9.2	12		71.72	12	71.72	2.12	25
9.4	10		59.77	10	59.77	2.12	21
9.6	13		77.70	13	77.70	2.12	27
9.8	22		131.49	22	131.49	2.12	46
10	16		91.12	16	91.12	2.12	33

GEOPROVE S.a.S.
Il Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Geol. Pietro Barsanti
(n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 2

Committente :	COFIL S.r.l.	Data:	18/11/2013
Località:	Rughi - Porcari (LU)	File:	pdp1311182



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 3

Committente : COFIL S.r.l. Data: 18/11/13
 Località: Rughi - Porcari (LU)

Quota: p.c.

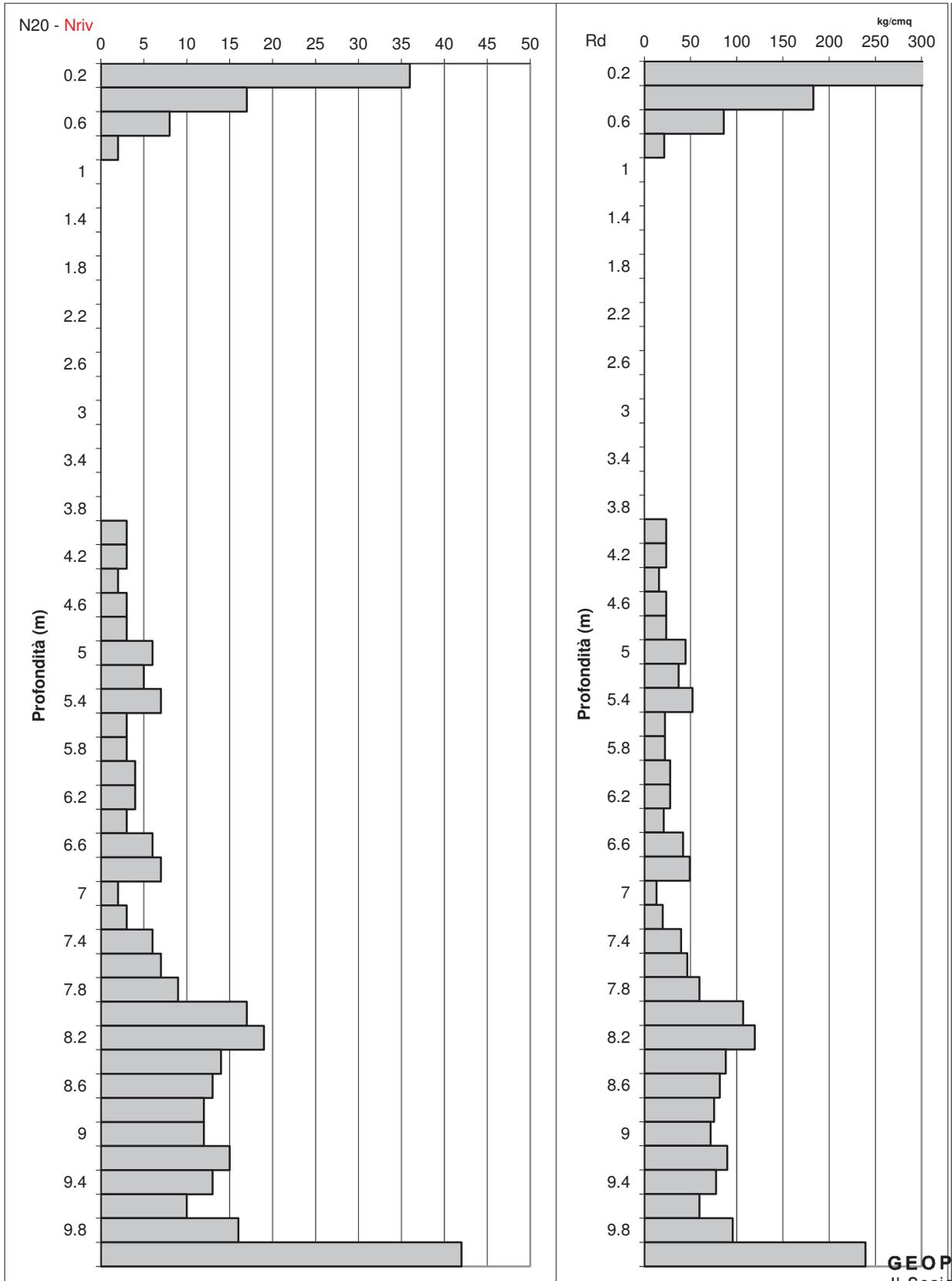
Livello della falda:

Letture di camp.			Valori derivati				
profond.	N ₂₀	Nriv	Rd	N ₂₀ *	Rd*	β	Nspt
0.2	36		387.44	36	387.44	2.12	76
0.4	17		182.96	17	182.96	2.12	36
0.6	8		86.10	8	86.10	2.12	16
0.8	2		21.52	2	21.52	2.12	4
1							
1.2							
1.4	C						
1.6							
1.8							
2							
2.2	P						
2.4							
2.6							
2.8							
3	T						
3.2							
3.4							
3.6							
3.8							
4	3		23.81	3	23.81	2.12	6
4.2	3		23.81	3	23.81	2.12	6
4.4	2		15.88	2	15.88	2.12	4
4.6	3		23.81	3	23.81	2.12	6
4.8	3		23.81	3	23.81	2.12	6
5	6		44.69	6	44.69	2.12	12
5.2	5		37.24	5	37.24	2.12	10
5.4	7		52.14	7	52.14	2.12	14
5.6	3		22.35	3	22.35	2.12	6
5.8	3		22.35	3	22.35	2.12	6
6	4		28.07	4	28.07	2.12	8
6.2	4		28.07	4	28.07	2.12	8
6.4	3		21.05	3	21.05	2.12	6
6.6	6		42.10	6	42.10	2.12	12
6.8	7		49.12	7	49.12	2.12	14
7	2		13.26	2	13.26	2.12	4
7.2	3		19.90	3	19.90	2.12	6
7.4	6		39.79	6	39.79	2.12	12
7.6	7		46.42	7	46.42	2.12	14
7.8	9		59.69	9	59.69	2.12	19
8	17		106.88	17	106.88	2.12	36
8.2	19		119.46	19	119.46	2.12	40
8.4	14		88.02	14	88.02	2.12	29
8.6	13		81.73	13	81.73	2.12	27
8.8	12		75.45	12	75.45	2.12	25
9	12		71.72	12	71.72	2.12	25
9.2	15		89.65	15	89.65	2.12	31
9.4	13		77.70	13	77.70	2.12	27
9.6	10		59.77	10	59.77	2.12	21
9.8	16		95.63	16	95.63	2.12	33
10	42		239.20	42	239.20	2.12	89

GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

Prova penetrometrica N° 3

Committente :	COFIL S.r.l.	Data:	18/11/2013
Località:	Rughi - Porcari (LU)	File:	pdp1311183



GEOPROVE S.a.S.
 Il Socio Accomandatario
 e Direttore Tecnico
 Dr. Geol. Pietro Barsanti
 (n° 193 Albo dei Geologi della Toscana)

STUDIO DI GEOLOGIA
BARSANTI, SANI & ASSOCIATI
via Buiamonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461
Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

COFIL S.R.L.

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DI UN
PIANO DI RECUPERO - IN VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
DI UN'AREA SITA IN VIA ROMANA OVEST FRAZIONE DI RUGHI -
COMUNE DI PORCARI (LU)**

ALL. N° 2 – LOG STRATIGRAFICO SONDAGGIO

STUDIO DI GEOLOGIA
BARSANTI, SANI & ASSOCIATI
via Buiamonti 29 - 55100 LUCCA - Partita IVA: 01134410461
Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090 e-mail: bar-sani@geoprove.com

COFIL S.R.L.

**INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLA REDAZIONE DI UN
PIANO DI RECUPERO - IN VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO -
DI UN'AREA SITA IN VIA ROMANA OVEST FRAZIONE DI RUGHI -
COMUNE DI PORCARI (LU)**

ALL. N° 3 – PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO (DOWN HOLE)



**COMUNE DI PORCARI
PROVINCIA DI LUCCA**

FRAZIONE RUGHI

PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO TIPO DOWNHOLE

COMMITTENTE: COFIL SRL

RELAZIONE TECNICA

Novembre 2013

I N D I C E

PREMESSA.....	3
1. Generalità	4
2. Sorgenti e strumentazione	5
3. Risultati delle prove in foro.....	10
3.1. - Sondaggio S1 – loc. Rughì - Porcari	10

ALLEGATI

Planimetria scala 1 : 1.000 con ubicazione della prospezione downhole

Documentazione fotografica

COMUNE DI PORCARI - LU

Località: Rughi

PREMESSA

Per incarico della COFIL S.r.l. di Lucca sono state effettuate indagini sismiche di supporto al progetto di ampliamento di un edificio industriale in frazione Rughi del Comune di Porcari - LU.

Le indagini, finalizzate alla ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo ed alla analisi di risposta sismica locale ai sensi del vigente D.M. 14 Gennaio 2008 – *Norme tecniche per le costruzioni*, sono state condotte mediante una prospezione downhole in foro di sondaggio con onde dirette.

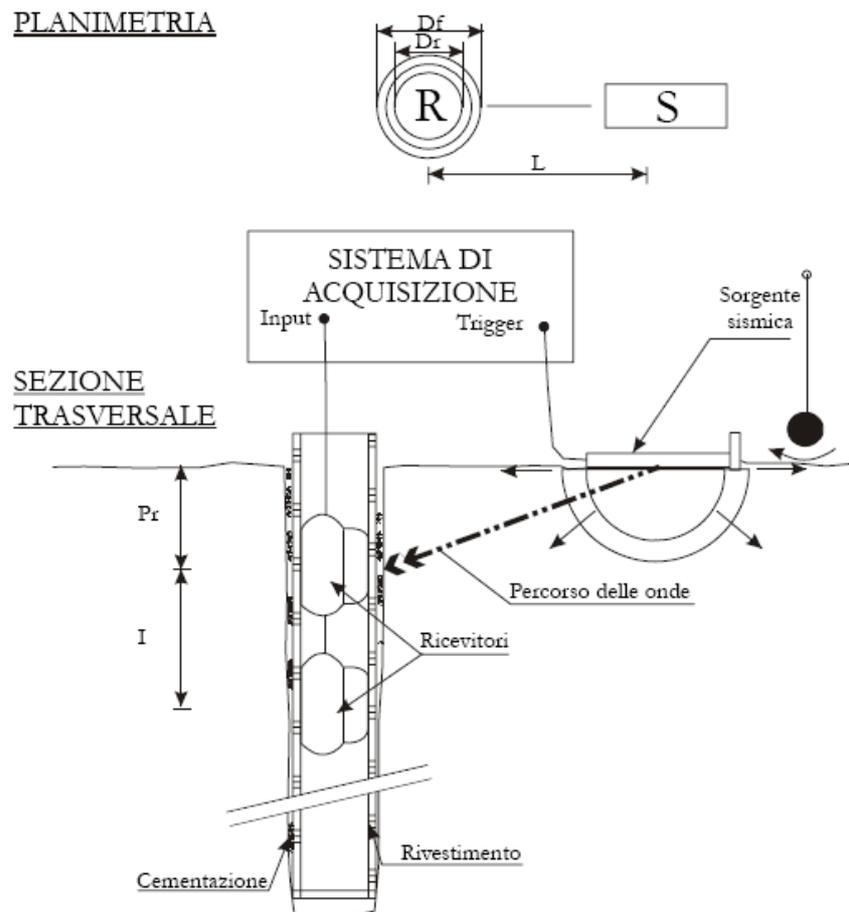
L'elaborazione e l'interpretazione dei dati geofisici è stata effettuata in collaborazione con il Dottor Donato Merola.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

1. Generalità

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S , che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante due ricevitori (*geofoni*) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S , rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S .

Lo schema di acquisizione della prova è il seguente:



Per le caratteristiche dei fori, delle tubazioni di rivestimento e della cementazione si rimanda ai logs stratigrafici dei sondaggi eseguiti dalla ICHNOGEO S.a.S.

2. Sorgenti e strumentazione

Come **sorgenti** energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da un doppio pendolo (vedi foto allegate) da 30 kg montato su di un autocarro, in grado di generare onde SH di notevole contenuto energetico, uniformi sia nella direzione di propagazione sia nella polarizzazione (+ e -) e, di contro, con una generazione di onde P trascurabile.

È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della traversina con il terreno, in accordo con le disposizioni fornite dalle Istruzioni Tecniche del Programma VEL della Regione Toscana: in caso di terreno a granulometria grossolana o di asfalto, tra terreno in sito e traversina viene disposto un "allettamento" di materiale a granulometria fine in modo da facilitare la genesi delle onde di taglio.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dai fori di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m (per la misura precisa vedere lo schema di acquisizione dei sondaggi).

Il **sistema di ricezione** è costituito da una coppia di geofoni tridimensionali rigidamente collegati tra loro da una barra in p.v.c. (distanza intergeofonica $i = 1.00$ m) dotata di uno smorzatore intermedio in gomma in modo da evitare qualsiasi interazione sismica tra i due sensori. L'accoppiamento del sistema con le pareti del foro è garantito da 4 stantuffi pneumatici comandati dall'esterno, con pressione regolabile fino a 10 atm. L'orientazione assoluta del sistema viene mantenuta costante lungo tutto il foro mediante una batteria di aste in p.v.c.. In adiacenza alla bocca foro è stata inoltre approntata un'ulteriore terna tridimensionale di geofoni per consentire l'eventuale valutazione dell'attenuazione del segnale con la profondità.

Il **sistema di acquisizione** è costituito da un prospettore sismico EG&G GEOMETRICS *STRATAVISOR NZXP* a 48 canali avente le seguenti caratteristiche:

- Impedenza di ingresso diff. 20 Kohm
- Impedenza di ingresso common mode: 20 Kohm
- Range dinamico: 144 dB
- Larghezza di banda 1.75÷20.000 Hz
- Digitalizzatore a 24 bit
- Filtri in acquisizione ed in uscita:
- Sommatoria dei segnali fino ad un massimo di 8.000 stacks
- Intervallo di campionamento selezionabile a: 20.0, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000 μ s

- Durata della registrazione: 16384 campioni
- Possibilità di registrazione continua per controllo vibrazioni
- Possibilità di registrazione Autostack e Preview
- Possibilità di inversione della polarità (Stack polarity)
- CDP Roll Along
- Visore grafico a cristalli liquidi colore
- Stampante a plotter su carta termica
- Memoria su HD interno 40 Mb o su floppy 3.5" 1.44 Mb
- Sistema Windows XP
- Porta USB

Tutte le registrazioni sono state effettuate con metodo cross-over, ovvero facendo la differenza tra un ugual numero di battute a destra ed a sinistra (bilanciamento energetico): in tal modo viene esaltato l'istante di primo arrivo delle onde SH, mentre vengono abbattute le eventuali onde P spurie.

In particolare le tracce di ciascuna registrazione si riferiscono (dall'alto verso il basso):

- Traccia 7 - canale n° 16: geofono controllo trigger
- Traccia 6 - canale n° 12: primo geofono – trasduttore verticale (z)
- Traccia 5 - canale n° 11: primo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- Traccia 4 - canale n° 10: primo geofono – trasduttore orizzontale (y)
- Traccia 3 - canale n° 9: secondo geofono – trasduttore verticale (z)
- Traccia 2 - canale n° 8: secondo geofono – trasduttore orizzontale (x)
- Traccia 1 - canale n° 7: secondo geofono – trasduttore orizzontale (y)

dove per primo geofono si intende quello più vicino alla superficie del terreno e per secondo quello posto 1.00 m più in basso.

La profondità alla quale ciascuna registrazione è stata effettuata è rilevabile su ciascuna registrazione alla voce "shot location".

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità, dall'alto verso il basso per le onde Sh e dal basso verso l'alto per le onde P.

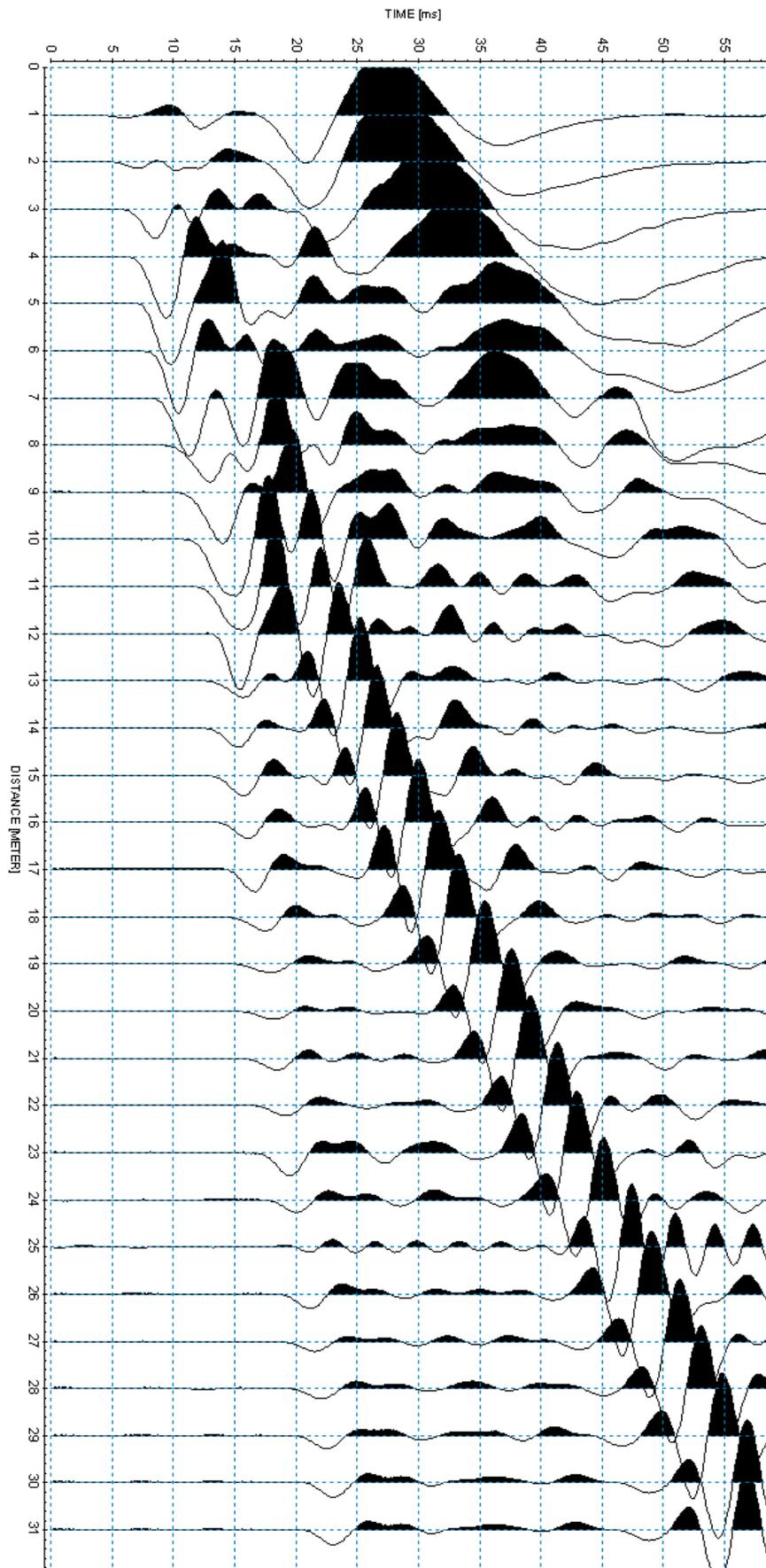
Esaminati i tracciati delle registrazioni, si è scelto il set ottimale e si è quindi proceduto all'assemblaggio delle tracce relative a ciascuna profondità di registrazione (in questo caso da 1 a 31 m) mediante il programma REFLEX, con il quale si è anche proceduto al picking dei primi arrivi (vedi pag seguenti) ed all'allineamento allo "zero" di trigger.

Per quanto riguarda la **determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche**, mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi di primo arrivo (“tempi obliqui”) sono stati quindi corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

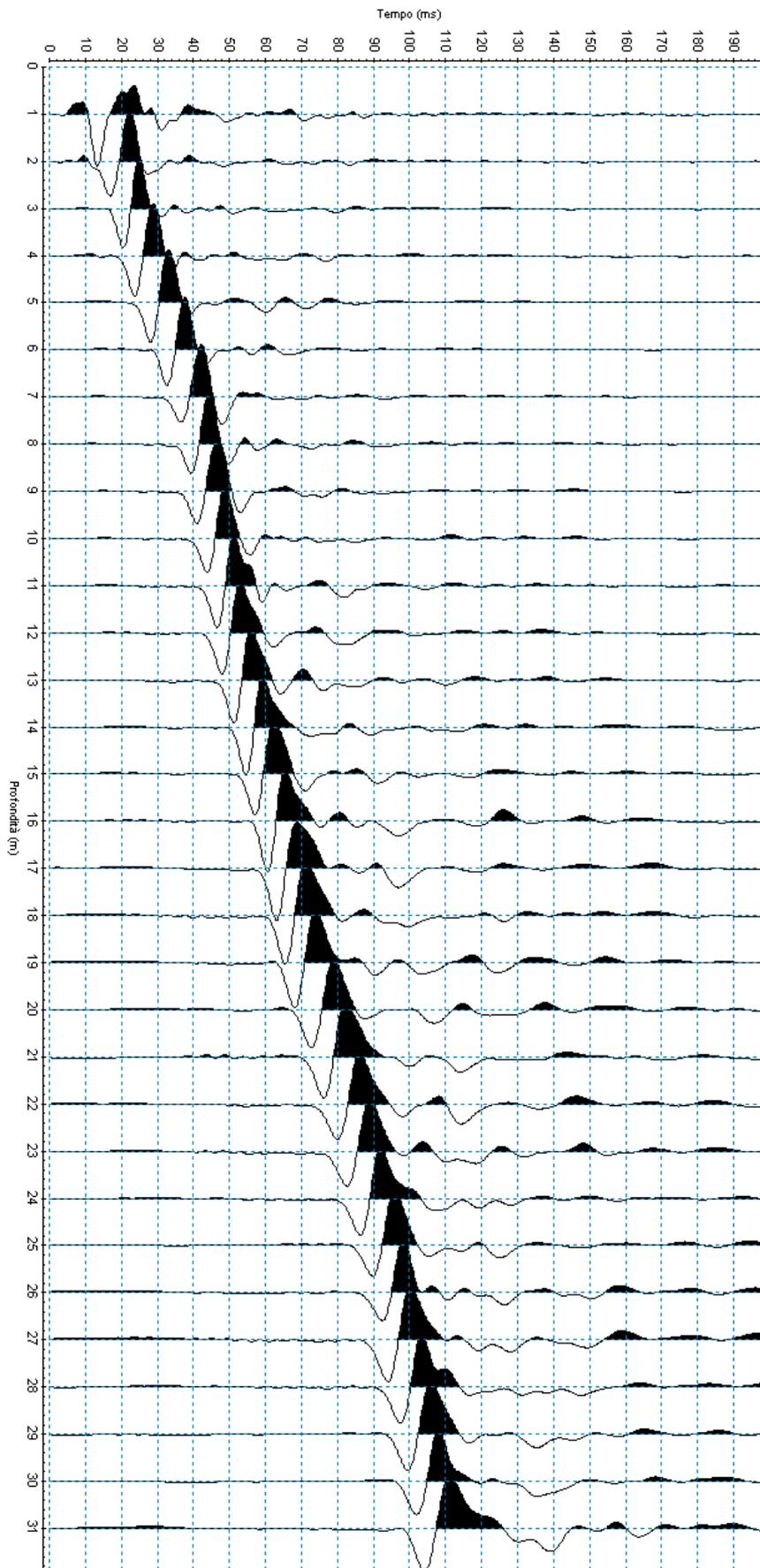
$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente e dentro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t^* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati, tenuto conto della stratigrafia dei sondaggi S1 ed S2 eseguiti nello stesso contesto di indagini, sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità b (“dromocrone”): le velocità sono state inoltre plottate in apposito diagramma in funzione della profondità (“velocità di intervallo”), a fianco delle quali sono anche riportate le colonne stratigrafiche dei sondaggi per una immediata visualizzazione della rispondenza tra le variazioni di velocità V_p e V_s e le variazioni stratigrafiche. Sono stati infine determinati i rapporti V_p/V_s ed i conseguenti valori dei parametri dinamici: coefficiente di Poisson ν , Modulo di taglio G , Modulo di Young E .



Sondaggio S1 Onde P (tempi obliqui – registrazioni)



Sondaggio S1 Onde Sh (tempi obliqui – registrazioni)

3. Risultati delle prove in foro

3.1. - Sondaggio S1 – loc. Rughi - Porcari

Geometria del sistema di acquisizione:

distanza foro - sorgente onde SH: m 3.1

distanza foro - sorgente onde P: m 3.1

distanza intergeofonica: i = m 1.00

Tempi obliqui (registrazioni) e tempi corretti in funzione della profondità

ONDE LONGITUDINALI VP			
Regist. n°	Profondità P (m)	Tempi letti sulle tracce	
		geofono tempo arrivo (msec)	Tempi corretti in funzione di z geofono tempo arrivo corretto (msec)
	0,01		0,00
42	1,00	4,51	1,38
43	2,00	5,22	2,83
44	3,00	5,94	4,13
45	4,00	6,65	5,25
46	5,00	7,12	6,05
47	6,00	8,07	7,17
48	7,00	9,02	8,25
49	8,00	9,97	9,30
50	9,00	10,80	10,21
51	10,00	11,40	10,89
52	11,00	12,35	11,88
53	12,00	13,18	12,76
54	13,00	13,41	13,05
55	14,00	13,53	13,21
56	15,00	13,89	13,60
57	16,00	14,01	13,75
58	17,00	14,60	14,36
59	18,00	15,08	14,86
60	19,00	15,55	15,35
61	20,00	16,03	15,84
62	21,00	16,50	16,32
63	22,00	16,98	16,81
64	23,00	17,57	17,41
65	24,00	18,04	17,90
66	25,00	18,64	18,50
67	26,00	19,11	18,98
68	27,00	19,59	19,46
69	28,00	19,94	19,82
70	29,00	20,42	20,30
71	30,00	20,89	20,78
72	31,00	21,01	20,91

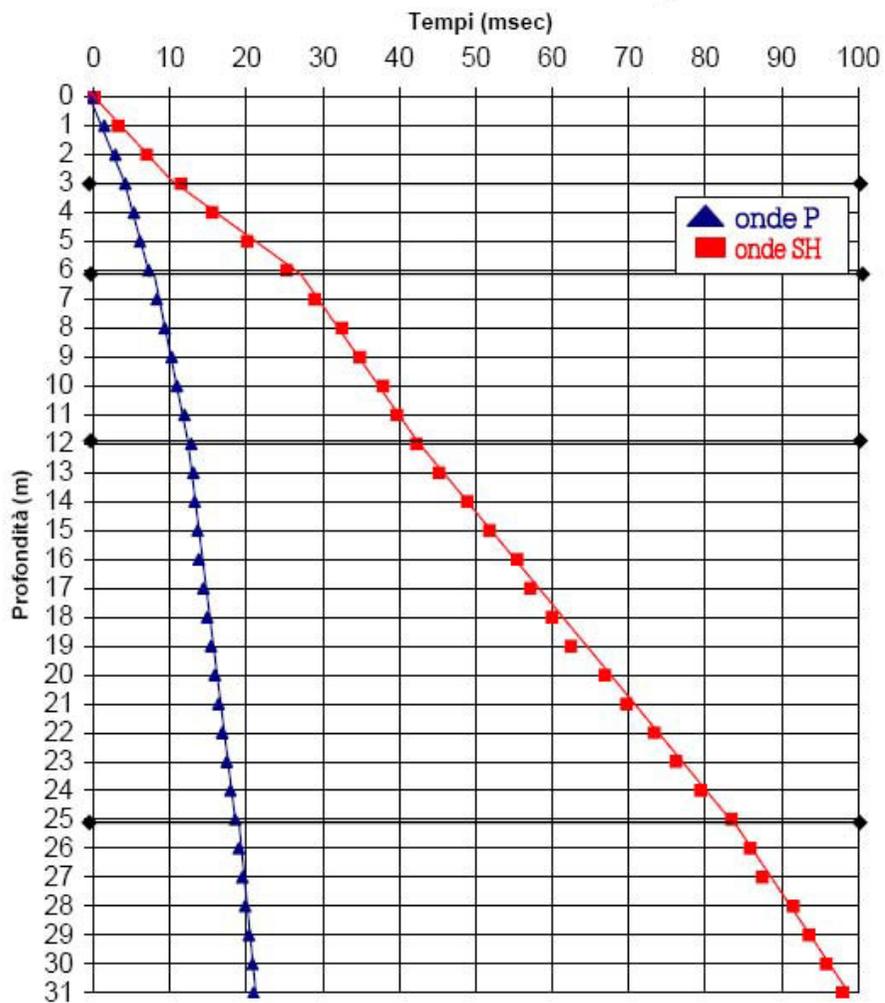
ONDE TRASVERSALI VS			
Regist. n°	Profondità P (m)	Tempi letti sulle tracce	
		geofono tempo arrivo (msec)	Tempi corretti in funzione di z geofono tempo arrivo corretto (msec)
	0,01		0,00
11	1,00	10,41	3,20
12	2,00	12,81	6,95
13	3,00	16,42	11,42
14	4,00	19,62	15,51
15	5,00	23,62	20,08
16	6,00	28,43	25,26
17	7,00	31,63	28,92
18	8,00	34,84	32,48
19	9,00	36,84	34,83
20	10,00	39,64	37,86
21	11,00	41,24	39,70
22	12,00	43,64	42,26
23	13,00	46,45	45,18
24	14,00	50,05	48,87
25	15,00	52,85	51,76
26	16,00	56,46	55,43
27	17,00	58,06	57,12
28	18,00	60,86	59,98
29	19,00	63,26	62,44
30	20,00	67,67	66,87
31	21,00	70,47	69,72
32	22,00	74,07	73,35
33	23,00	76,88	76,19
34	24,00	80,08	79,42
35	25,00	84,08	83,45
36	26,00	86,49	85,88
37	27,00	88,09	87,51
38	28,00	92,09	91,53
39	29,00	94,09	93,56
40	30,00	96,38	95,86
41	31,00	98,50	98,01

Velocità e parametri dinamici derivati

Profondità m	Velocità calcolate			Parametri dinamici derivati			
	Vp	Vs	Vp/Vs	Rapporto Poisson	Densità Gamma (kg/dmc)	Modulo di taglio G (kg/cm ²)	Modulo di Young E (kg/cm ²)
0-3	723	262	2,76	0,42	1,90	1326	3779
3-6	1034	205	5,05	0,48	1,95	834	2469
6-12	1127	380	2,96	0,44	2,10	3095	8888
12-25	2110	321	6,58	0,49	2,05	2149	6395
25-31	2443	394	6,20	0,49	2,15	3405	10125

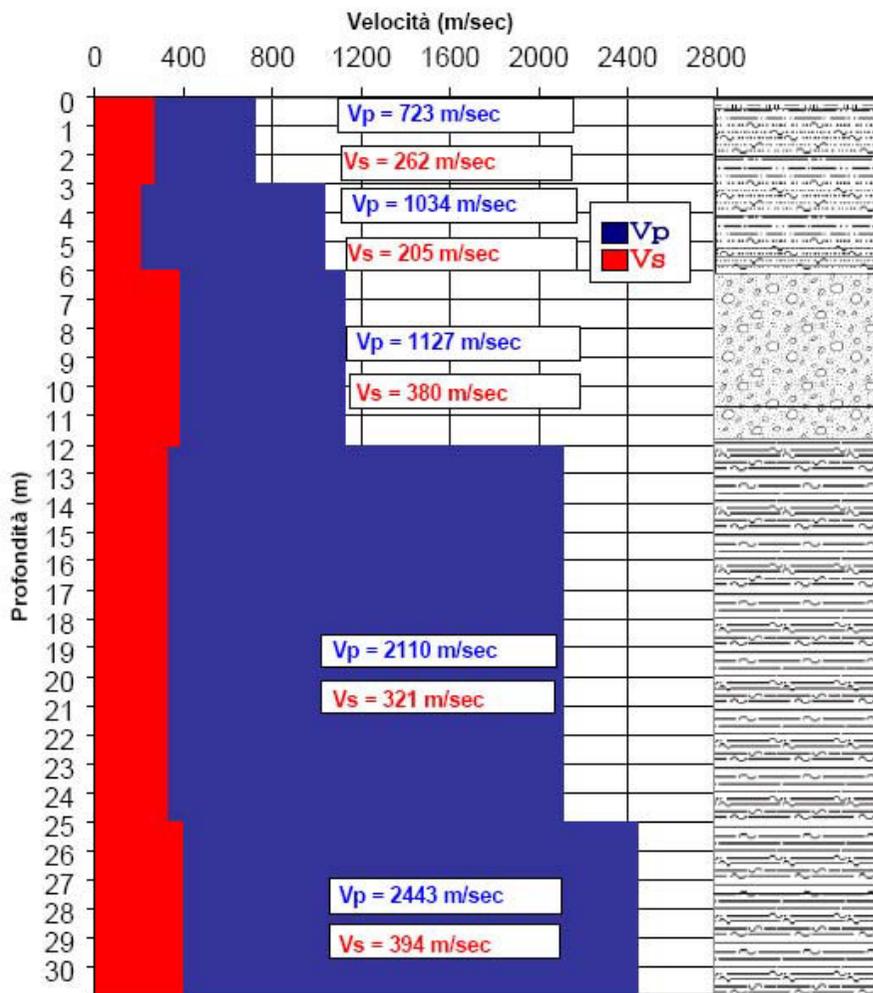
Comune: Porcari - LU

Località: Rughì



Sondaggio S1 COFIL S.r.l.

Data: 11/11/13

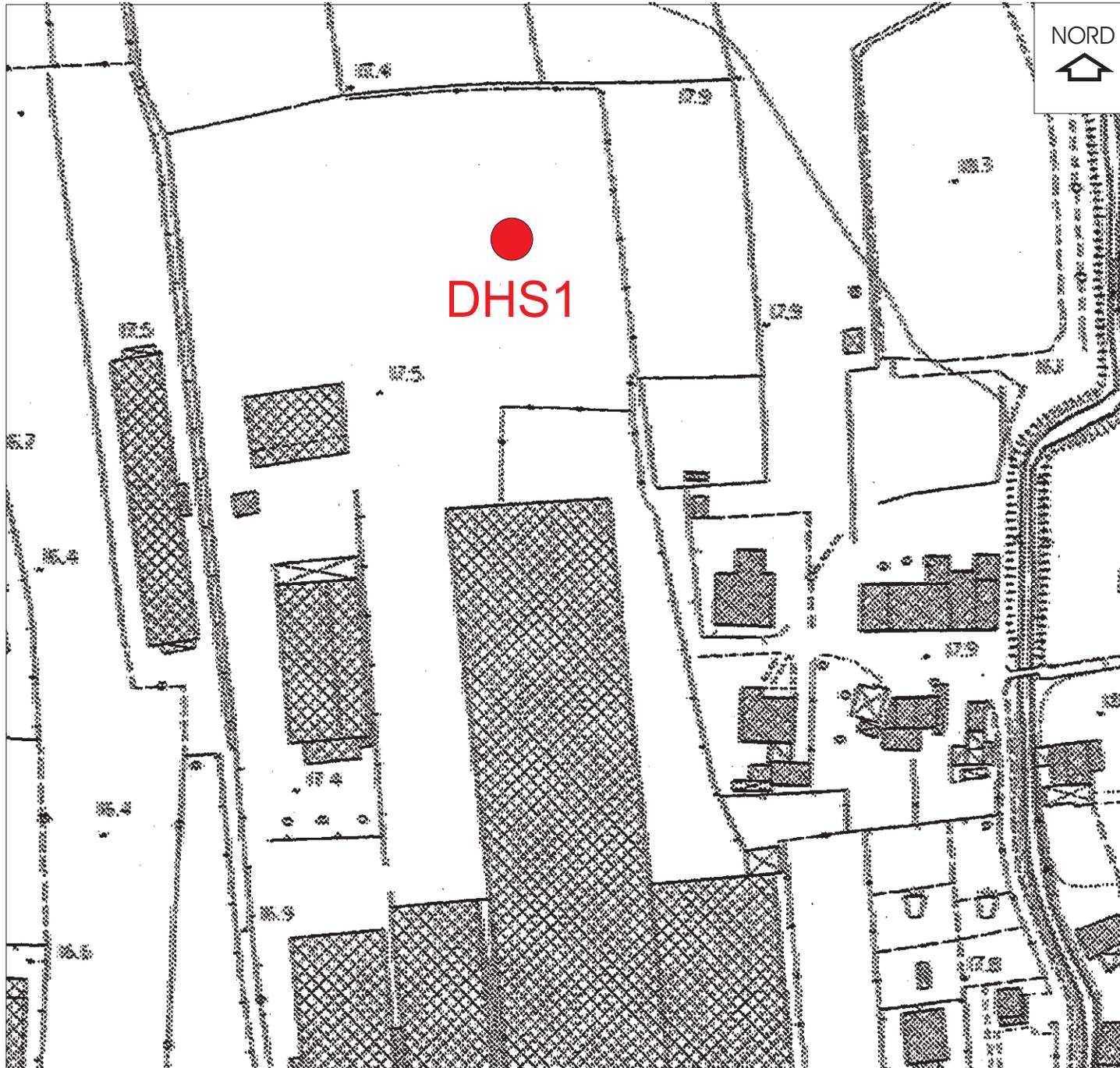


Lucca, 15/11/2013

Collaboratore:
Dr. Donato Merola



GEOPROVE S.A.S.
Socio Accomandatario
e Direttore Tecnico
Dr. Pietro Barsanti



NORD
↑

GEOPROVE SRL
DI PIETRO BARSANTI, ALESSANDRO PETRONI & C.
**GEOGNOSTICA - GEOFISICA
PROVE PENETROMETRICHE**
via Buiaumonti, 29 LUCCA - Tel. 0583/467427 Fax. 0583/91090
<http://www.geoprove.com> e-mail info@geoprove.com P.I. 01066010461

COMUNE DI PORCARI

PROVINCIA DI LUCCA

Località: Rughì

Committente: COFIL S.r.l.

PLANIMETRIA

Scala 1:1000

LEGENDA

DHS1



Sondaggio sede di esecuzione
della prova downhole



**COMUNE DI PORCARI
PROVINCIA DI LUCCA**

FRAZIONE RUGHI

PROSPEZIONI SISMICHE IN FORO TIPO DOWNHOLE

COMMITTENTE: COFIL SRL

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Comune di Porcari - LU
Località: Rughi-COFIL S.r.l.

Sismica downhole con onde P ed onde SH



DHS1 – Sito in studio e strumentazione utilizzata per l'esecuzione della indagine sismica in foro. In primo piano il sismografo Geometrics Stratavisor NZXP a 48 canali usato per l'acquisizione del segnale sismico.