



COMUNE DI TERNI



OPERA

PROGETTO DI SVILUPPO DELL' ECONOMIA DEL TERRITORIO PIANO INTEGRATO PROVINCIA DI TERNI - COMUNE DI TERNI
PER LA VALORIZZAZIONE DEI SITI DI PREGIO

INTERVENTO DI MESSA A NORMA, RISANAMENTO RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA,
ENERGETICA ED ELIMINAZIONE DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE DELL'EDIFICIO
ADIBITO A CENTRO FEDERALE DI CANOTTAGGIO



Proprieta'
COMUNE di TERNI

Committente
FEDERAZIONE ITALIANA CANOTAGGIO

Ubicazione
**PIEDILUCO - VIALE DELLA PACE TRA I POPOLI
CENTRO NAUTICO "PAOLO D'ALOJA"**

OGGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO:

**RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA
IDROGEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA IDRAULICA**

REDAZIONE	REVISIONE	DESCRIZIONE				Allegato: 10
Data 1° Emissione: GENNAIO 2018	Data Aggiornamento	Controllato:	Approvato:	Formato:	Scala:	

PROGETTISTI:
Arch. Fabrizio Di Patrizi
COLLABORATORI
p.l. Federico Alcidoni
dott.ssa arch. Ambra Franchini

Studio di Architettura e Servizi
Via Sant'Andrea n° 16 - Terni - cell.338-8894636
Tel. - Fax. 0744.461451 / e-mail: f.dipatrizi@tiscali.it



GEOLOGO DOTT. LUCA LATELLA

Studio Tecnico: Via G. di Vitalone n° 18 - 05100 Terni

Tel. e Fax 0744 – 402427; Mobile 347 - 6355500

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA
IDROGEOLOGICA-GEOMORFOLOGICA -
IDRAULICA

OGGETTO: PROGETTO DI SVILUPPO DELL'ECONOMIA DEL
TERRITORIO PIANO INTEGRATO PROVINCIA DI TERNI-
COMUNE DI TERNI PER LA VALORIZZAZIONE DEI SITI DI
PREGIO INTERVENTO DI MESSA A NORMA RISANAMENTO
RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA ED
ENERGETICA ED ELIMINAZIONE DELLE BARRIERE
ARCHITETTONICHE DELL'EDIFICIO ADIBITO A
CENTRO FEDERALE DI CANOTTAGGIO

LOCALITA': PIEDILUCO - VIALE DELLA PACE TRA I
POPOLI CENTRO NAUTICO "PAOLO D'ALOJA"

PROPRIETA': COMUNE DI TERNI

COMMITTENTE: FEDERAZIONE ITALIANA
CANOTAGGIO

Gennaio 2018

GEOLOGO
LUCA LATELLA



1. PREMESSA

In data Gennaio 2018 per conto della FEDERAZIONE ITALIANA CANOTTAGGIO, è stato eseguito uno studio geomorfologico, geologico, idrogeologico e geotecnico in Località Piediluco - Viale Della Pace Tra I Popoli Centro Nautico "Paolo D'aloja", nel Comune di Terni, per il **PROGETTO DI SVILUPPO DELL'ECONOMIA DEL TERRITORIO PIANO INTEGRATO PROVINCIA DI TERNI-COMUNE DI TERNI PER LA VALORIZZAZIONE DEL SITI DI PREGIO INTERVENTO DI MESSA A NORMA RISANAMENTO RIQUALIFICAZIONE TECNOLOGICA ED ENERGETICA ED ELIMINAZIONE DELLE BARRIERE ARCHITETTONICHE DELL'EDIFICIO ADIBITO A CENTRO FEDERALE DI CANOTTAGGIO.**

L'ampiezza dell'area investigata è stata definita in funzione delle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche.

Scopo del lavoro è stato quello di accertare ed analizzare:

- gli aspetti idrologici e morfologici del territorio;
- le condizioni litologiche locali;
- i parametri geotecnici e sismici delle terre in situ.

Le considerazioni riportate sono basate sui dati acquisiti tramite un rilevamento geologico di superficie e attraverso l'analisi dei dati ottenuti dall'elaborazione di indagini geotecniche e geofisiche realizzate dallo scrivente in data Novembre 2016 in vicinanza del sito in studio, per conto dell'ARA MARINA SUMMER VILLAGE S.A.S. DI MAZZOLI MIRKO. In particolare sono state eseguite:

- **n°1 prova penetrometrica dinamica superpesante;**
- **n°1 indagine sismica MASW.**
-

Periodo delle indagini: **Novembre 2016**

2. GEOMORFOLOGIA E GEOLITOLOGIA

L'area oggetto del presente studio si colloca nell'Umbria meridionale, a Sud-Est della città di Terni, ad una quota topografica media di circa 370 metri s.l.m., nel settore orientale del Lago di Piediluco.

Tutta la zona studiata risulta sostanzialmente stabile dal punto di vista geologico, infatti, il rilevamento effettuato non ha portato ad individuare zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, non sono presenti fenomeni gravitativi attivi e/o quiescenti, il tutto è confermato dall'analisi della **Tavola del PAI (Piano Assetto Idrogeologico)**.

La categoria topografica dell'area in esame risulta essere pari a $T1 < 15^\circ$.

In tutta la zona circostante il lago, sono presenti in affioramento formazioni di età Cretacico-Miocenica, caratterizzanti le zone più rilevate, e formazioni terrigene di origine continentale lacustre, legate ai depositi del ciclo sedimentario del bacino tiberino che occupò questa vasta area nei periodi Pleistocene superiore e Villafranchiano, che occupano invece le zone circostanti alcune delle diramazioni del Lago di Piediluco.

Tali formazioni terrigene sono legate ai depositi del ciclo sedimentario del bacino Tiberino che occupò questa vasta area nei periodi Pleistocene superiore e Villafranchiano, si tratta di un bacino continentale con ambienti che nel tempo e nello spazio sono variati da lacustri, a palustri, a fluvio-lacustri. La sedimentazione del Bacino Tiberino ha inizio nel Pliocene medio-superiore e termina nel Pleistocene inferiore, forse anche Pleistocene medio.

L'estensione totale del bacino continentale interessa tutta l'Umbria: inizia ai confini settentrionali ed all'altezza di Perugia si divide in due rami, di cui quello orientale giunge fino a Spoleto e quello occidentale si chiude con la Conca Ternana.

Nel particolare l'area in esame è caratterizzata da **depositi alluvionali prevalentemente limoso-sabbiosi**, come confermato dalla consultazione dello stralcio della **Carta Geologica del PRG del Comune di Terni 1:10.000 (C.T.R. 347060 Piediluco)**.

3. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

L'idrografia della zona è incentrata sul Lago di Piediluco situato all'estremità sud-orientale della regione Umbria, al confine con il Lazio, tra i Monti Luco e Caperno, e sulla presenza di due fiumi importanti, il Nera che scorre nel settore settentrionale rispetto al lago stesso e il Velino, presente nella zona occidentale del lago con direzione di scorrimento NO-SE.

Il bacino presenta una forma irregolare: un corpo centrale allungato, in direzione E-W, dal quale si diramano diversi bracci. Tre sono i suoi maggiori immissari: l'unico naturale è il Rio Fuscello, che trae origine dal versante orientale del monte Tilia e sbocca nel braccio di Ara Marina; gli altri due sono canali artificiali. Nel settore studiato, il materiale di superficie (depositi alluvionali fluvio-lacustri) presenta un grado di permeabilità medio e medio basso in relazione alle caratteristiche granulometriche, allo stato di addensamento e/o di cementazione dei depositi; con un coefficiente K stimato pari a circa 10^{-4} cm/sec. / 10^{-5} cm/sec. Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stata rinvenuta la falda acquifera, che risulta attestarsi a -1.40 metri dal piano attuale di campagna.

Dall'Autorità del Bacino del Fiume Tevere, Piano Stralcio Per La Salvaguardia Delle Acque E Delle Sponde Del Lago Di Piediluco (Adottato dal comitato istituzionale con delibera n°111 del 30 novembre 2005), il sito in studio risulta ricadere, dalla consultazione della **Tavola n° 8 - AMBITO A: Lo specchio lacustre, la fascia perilacuale e le sponde, in AMBITO A2, disciplinato dall'art. 15 N.T.A. (NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE) commi 11,11 bis e 12**, ovvero:

ART. 15 AMBITO A: LO SPECCHIO LACUSTRE, LE SPONDE E LA FASCIA CIRCUMLACUALE

La fascia circumlacuale (zone A1 ed A2)

11. *Nella zona A2 della fascia circumlacuale, come rappresentata nella Tav. 8, è vietata la realizzazione di terrazze, giardini e qualsiasi movimento di terreno che comporti la realizzazione di rilevati se non pertinenti ad edifici o opere esistenti; i nuovi interventi edilizi e quelli sul patrimonio edilizio esistente di cui all.art.31 lett. e) della L.457/78 sono consentiti **solo se corredata** da studi relativi alle condizioni geotecniche dell'area oggetto degli interventi; tutti gli interventi che comportano movimento di terra devono comunque essere preceduti da uno studio geologico e geotecnico di dettaglio con particolare riferimento al rilevamento di eventuali piani di scivolamento presenti nel corpo litologico da redigersi alla scala di 1:5000.*

11-bis. *All'interno della fascia A2 sono consentite esclusivamente coltivazioni biologiche con le limitazioni previste dal successivo art. 16, comma 3.*

12. *Nelle zone A1 ed A2 sono fatti salvi gli interventi finalizzati alla tutela e salvaguardia del bacino imbrifero, nonché gli interventi pubblici per la realizzazione di infrastrutture a rete e puntuali.*

4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOFISICA

Qui di seguito verranno riportati, in maniera cautelativa, i parametri geotecnici medi basati sugli elementi reperiti nel corso del rilevamento geologico nonché dai dati raccolti attraverso la realizzazione di indagini geognostiche e geofisiche realizzate dallo scrivente in data Novembre 2016 in vicinanza del sito in oggetto, in terreni simili e giudicati geologicamente compatibili.

TABELLA DELLE LITOLOGIE E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

PP1 LITOLOGIA	Profondità (m)	Φ (°)	γ_{NAT} (t/m ³)	C_u (kg/cm ²)	C_D (kg/cm ²)	K (kg/cm ³)
<i>Terreno di riporto</i>	0.00-0.30	18	1,80	--	--	0,50
<i>Limi Argillosi</i>	0.30-1.60	20	1,85	0.10	--	1.00
<i>Limi argillosi e argille limose</i>	1.60-9.90	22	1,90	0.20	--	2.00
<i>Argille limose</i>	9.90-11.00	24	2,10	1.50	--	3.00
<i>Ghiaie</i>	11.00-11.60	45	2,20	--	--	5.00

Legenda: γ_n (densità naturale), ϕ (angolo di attrito), C_D (coesione drenata), C_u (coesione non drenata),
 K (coefficiente di sottofondo).

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel mese di Novembre 2016 è stata eseguita n. 1 indagine di tipo MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) all'interno del territorio del Comune di Terni. L'indagine è consistita nell'esecuzione di n.1 stendimento di lunghezza 12.0 m, e le acquisizioni sono state effettuate utilizzando il Sismografo a 24 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino; come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta su piastra in alluminio, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosoft.

Lunghezza stendimento: 12.0 m

Distanza intergeofonica: 1.0 m.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

$$\text{La velocità } V_{s30} \text{ (m/s)} = 302$$

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo: **C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).**

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	153	6.6
2	259	2.8
3	453	21

E' da tener presente, tuttavia, che le

V_{s30} , e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna

5. CONCLUSIONI

Sulla base delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche e geomorfologiche della zona in studio e, facendo riferimento alla normativa vigente in materia si perviene alle seguenti conclusioni:

- l'area esaminata risulta stabile dal punto di vista geologico e geomorfologico, infatti il rilevamento effettuato non ha portato ad individuare zone interessate da movimenti di dissesto di tipo franoso profondo, o aree in stato di equilibrio gravitativo precario, né sono state individuate zone che in periodi recenti siano state soggette a tali movimenti; il tutto è confermato dall'analisi della

- Durante l'esecuzione della prova penetrometrica è stata rinvenuta la falda acquifera, che risulta attestarsi alla profondità di -1.50 metri dal piano attuale di campagna.

- Dall'Autorità del Bacino del Fiume Tevere, Piano Stralcio Per La Salvaguardia Delle Acque E Delle Sponde Del Lago Di Piediluco (Adottato dal comitato istituzionale con delibera n°111 del 30 novembre 2005), il sito in studio risulta ricadere, dalla consultazione della Tavola n° 8 - AMBITO A: Lo specchio lacustre, la fascia perilacuale e le sponde, in AMBITO A2, disciplinato dall'art. 15 N.T.A. (NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE) commi 11,11 bis e 12

Per quanto attiene la Nuova Normativa Antisismica, il sito rientra nella categoria "C": *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine);*

La categoria topografica del sito in studio è pari a **T1: aree con inclinazione media inferiore a 15°.**

PER QUANTO ATTIENE LA VERIFICA A LIQUEFAZIONE, QUEST'ULTIMA NON E' STATA ESEGUITA POICHE', ANCHE SE LA FALDA ACQUIFERA RISULTA ATTESTATA ALLA PROFONDITA' DI CIRCA -1,50 METRI DAL PIANO ATTUALE DI CAMPAGNA, I TERRENI RISCONTRATI NON RIETRANO NEL FUSO GRANULOMETRICO DELLE SABBIE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE.

Gennaio 2018

**GEOLOGO
LUCA LATELLA**




A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luca Latella", written over the red stamp.

**CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, FOGLIO N°138 TERNI
SCALA RILEVAMENTO 1:100.000**



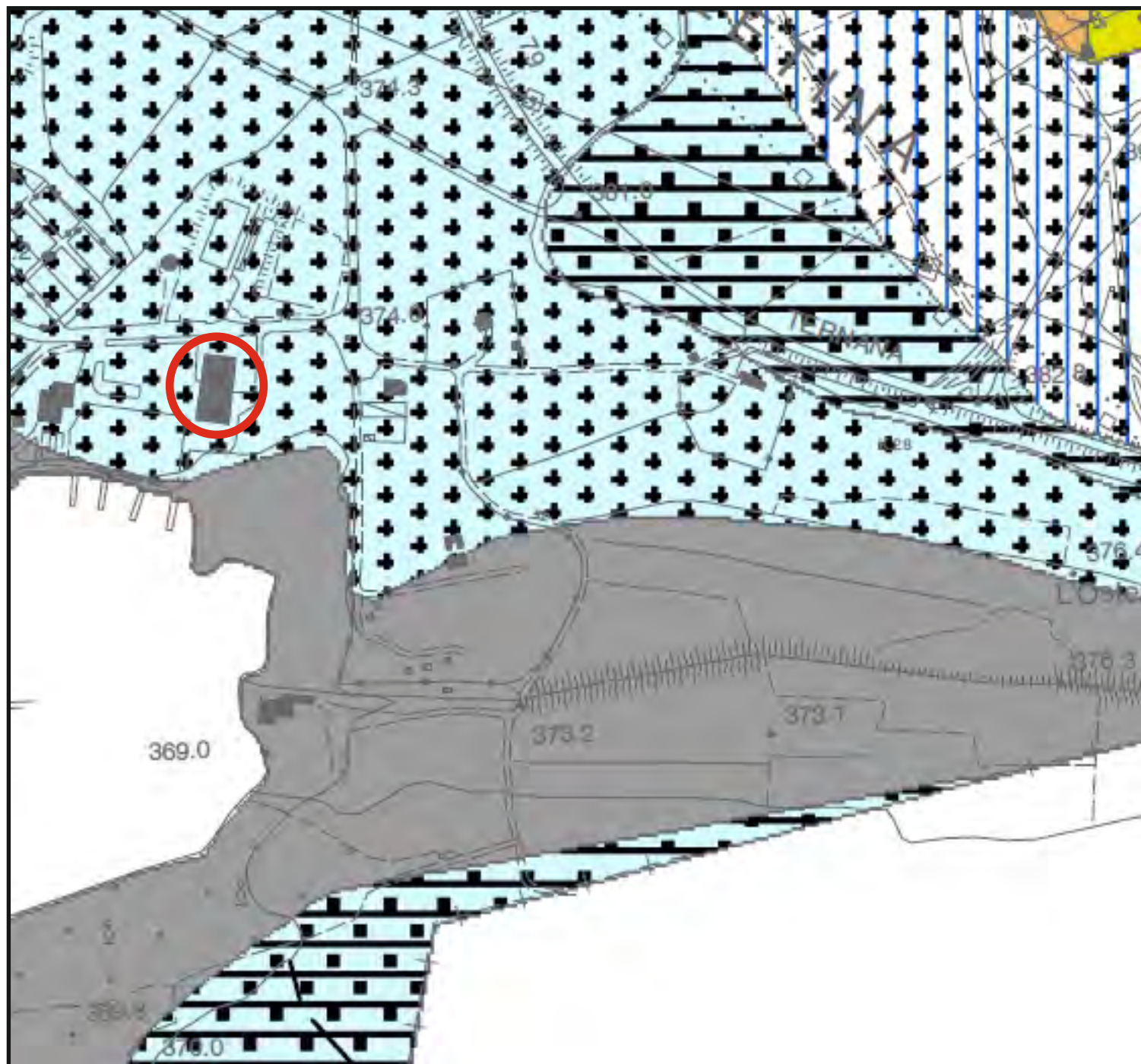
Legenda

 Area in studio



alluvioni fluvio-lacustri recenti (FI²).

PRG COMUNE DI TERNI - STRALCIO CARTA GEOLOGICA - C.T.R. 347060 PIEDILUCO



Legenda

 Area in studio

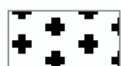


aA

Alluvioni:

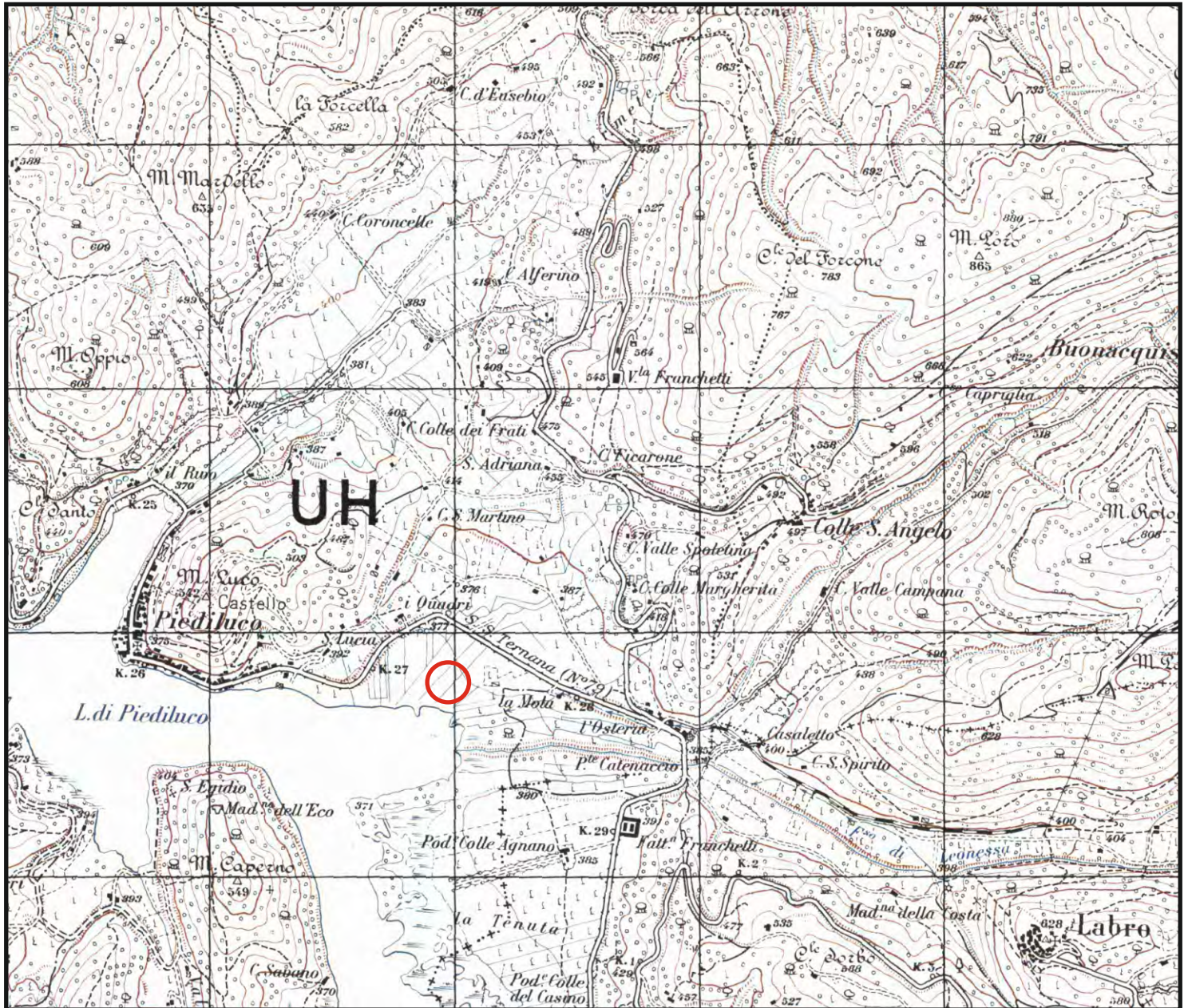
Limi sabbiosi e limi argillosi con inglobati depositi lentiformi e nastriformi di ghiaie e ghiaie sabbiose sciolte o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di

Sovrassimboli depositi alluvionali

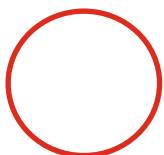


Depositi prevalentemente Limo-sabbiosi

UBICAZIONE SU CARTA IGM SCALA 1:25000

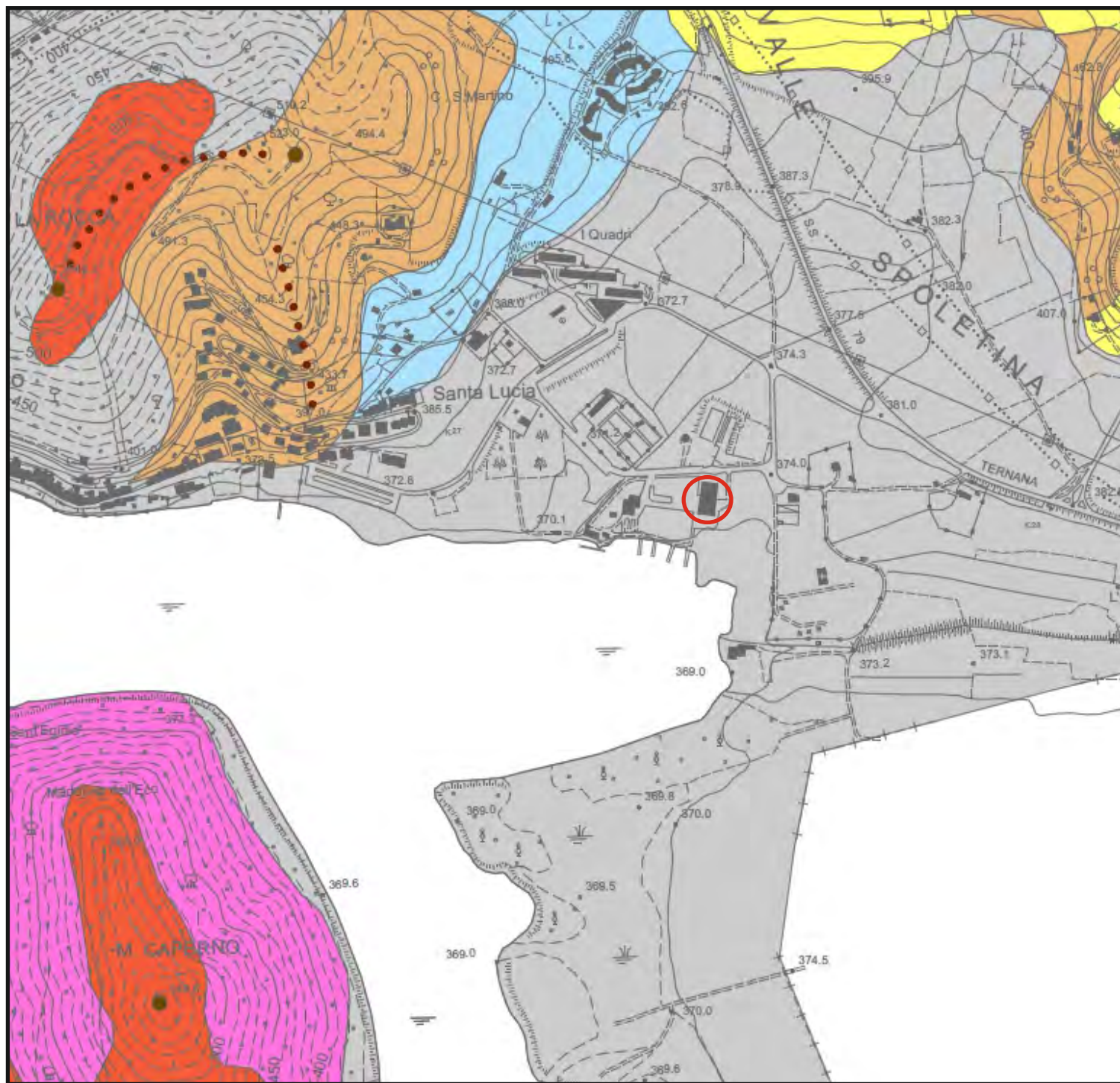


Legenda



Area in studio

CARTA GEOMORFOLOGICA DEL PRG DEL COMUNE DI TERNI SEZ. CTR N°347060



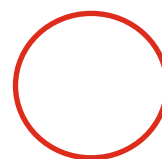
Legenda

CLASSI DI PENDENZA (P)



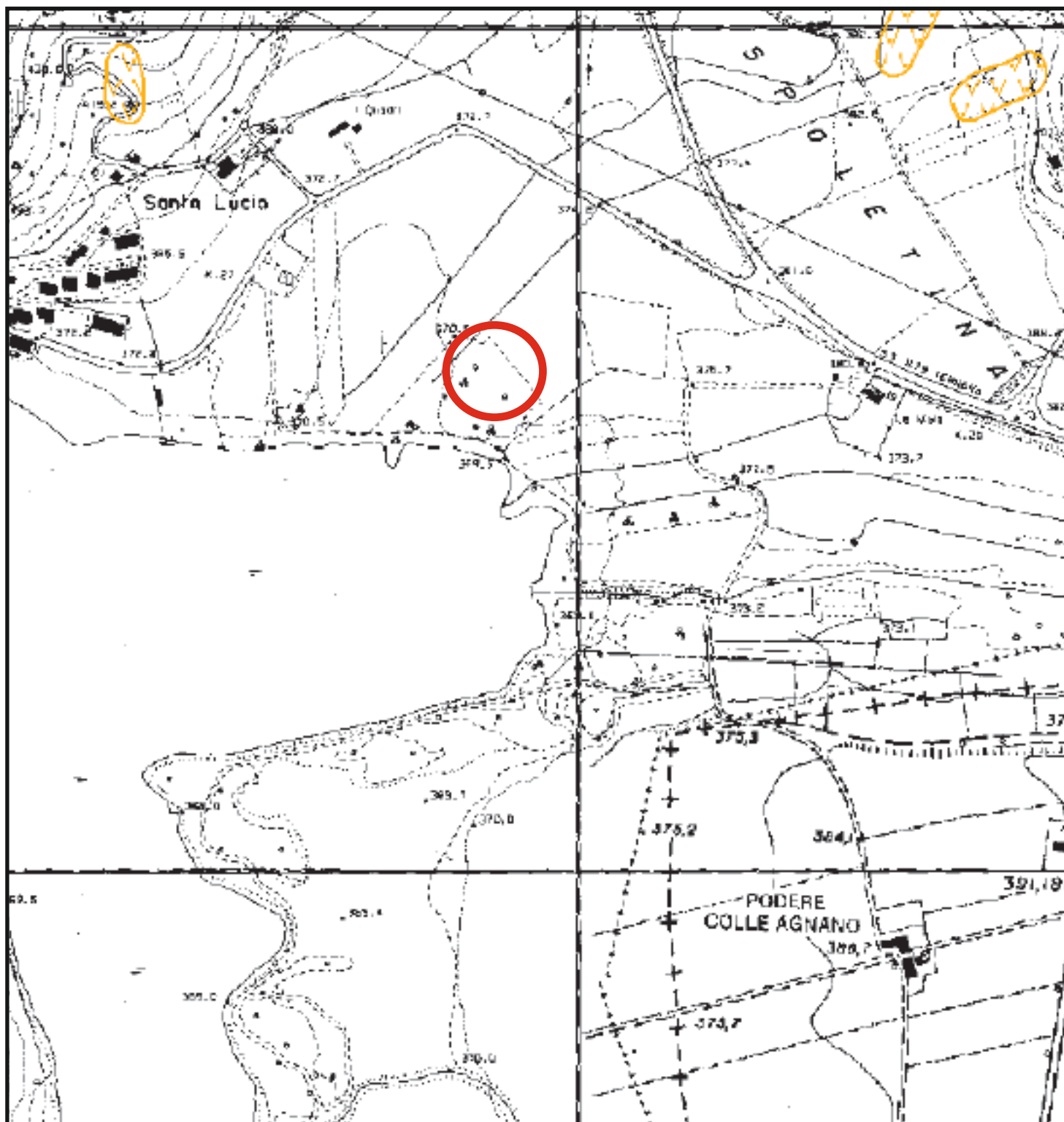
1

P < 5% (2,8°)



Area in studio

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO ASSETTO GEOMORFOLOGICO



Legenda

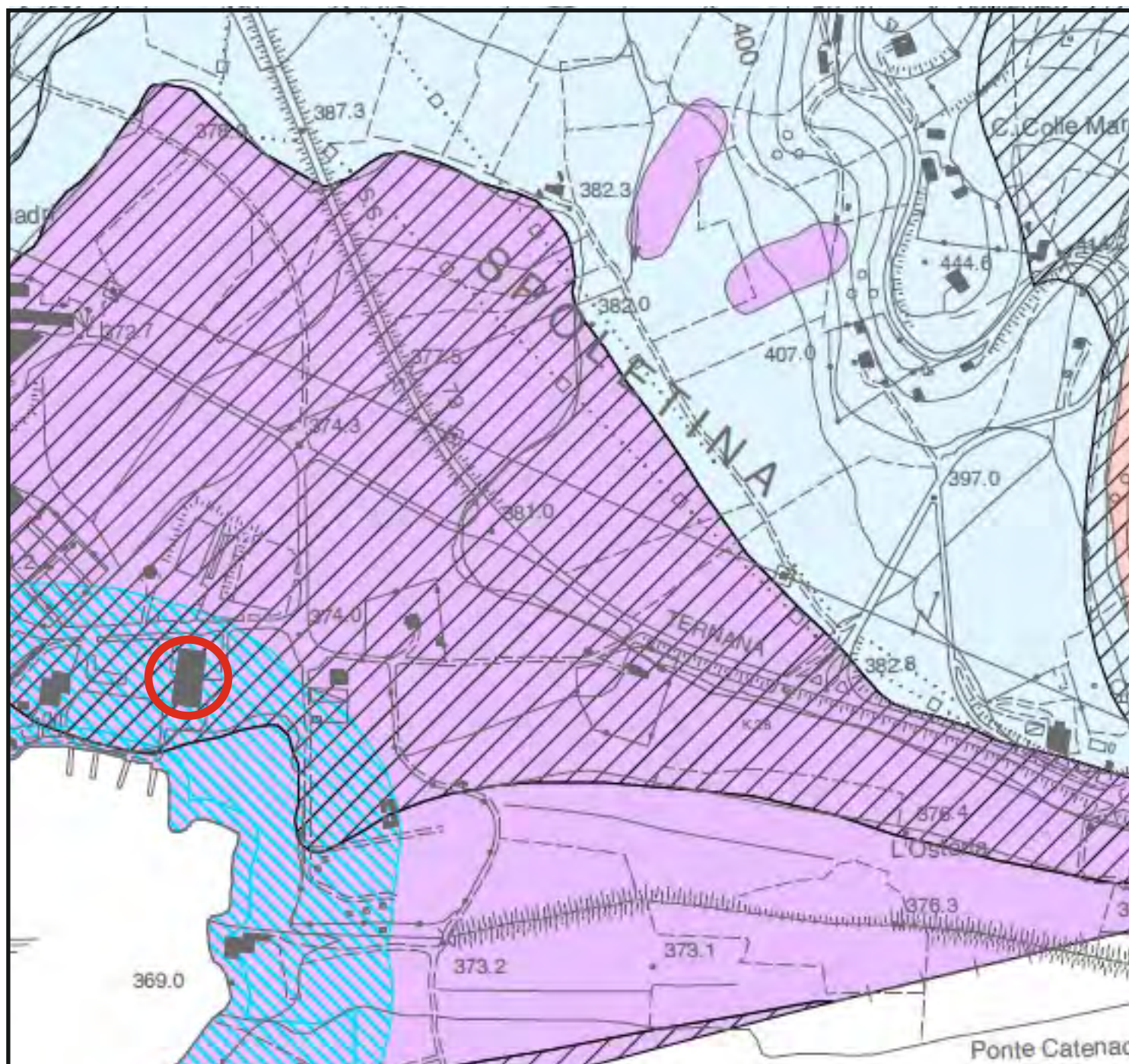


Area in studio

Il sito in esame non risulta essere interessato da fenomeni franosi attivi
e/o quiescenti.

Dott. Geol. Luca Latella

PRG COMUNE DI TERNI - STRALCIO CARTA DEI VINCOLI GEOLOGICO AMBIENTALI - C.T.R. 347060 PIEDILUCO



Legenda

CLASSI DI CRITICITA'
(Componente "Suolo")



aree nelle quali sono presenti elementi morfogenetici di frane quiescenti o paleofrane e fenomeni diruscellamento diffuso; inoltre le caratteristiche morfologiche del versante e quelle litotecniche dei terreni sono tali da favorire potenziali situazioni di instabilità



Area di Piediluco: salvaguardia delle acque e delle sponde del Lago di Piediluco -III Stralcio Funzionale- (Autorità di Bacino del Fiume Tevere)



Area in studio



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE

Piano stralcio per la salvaguardia delle
acque e delle sponde del Lago di Piediluco
Approvato dal Comitato Istituzionale con delibera n° 191 del 30/11/2005

Ambito A: Lo specchio lacustre, la fascia perilacuale
e le sponde

TAV. N° 8

Scala 1:5.000

30 novembre 2005

LEGENDA

Ambito A

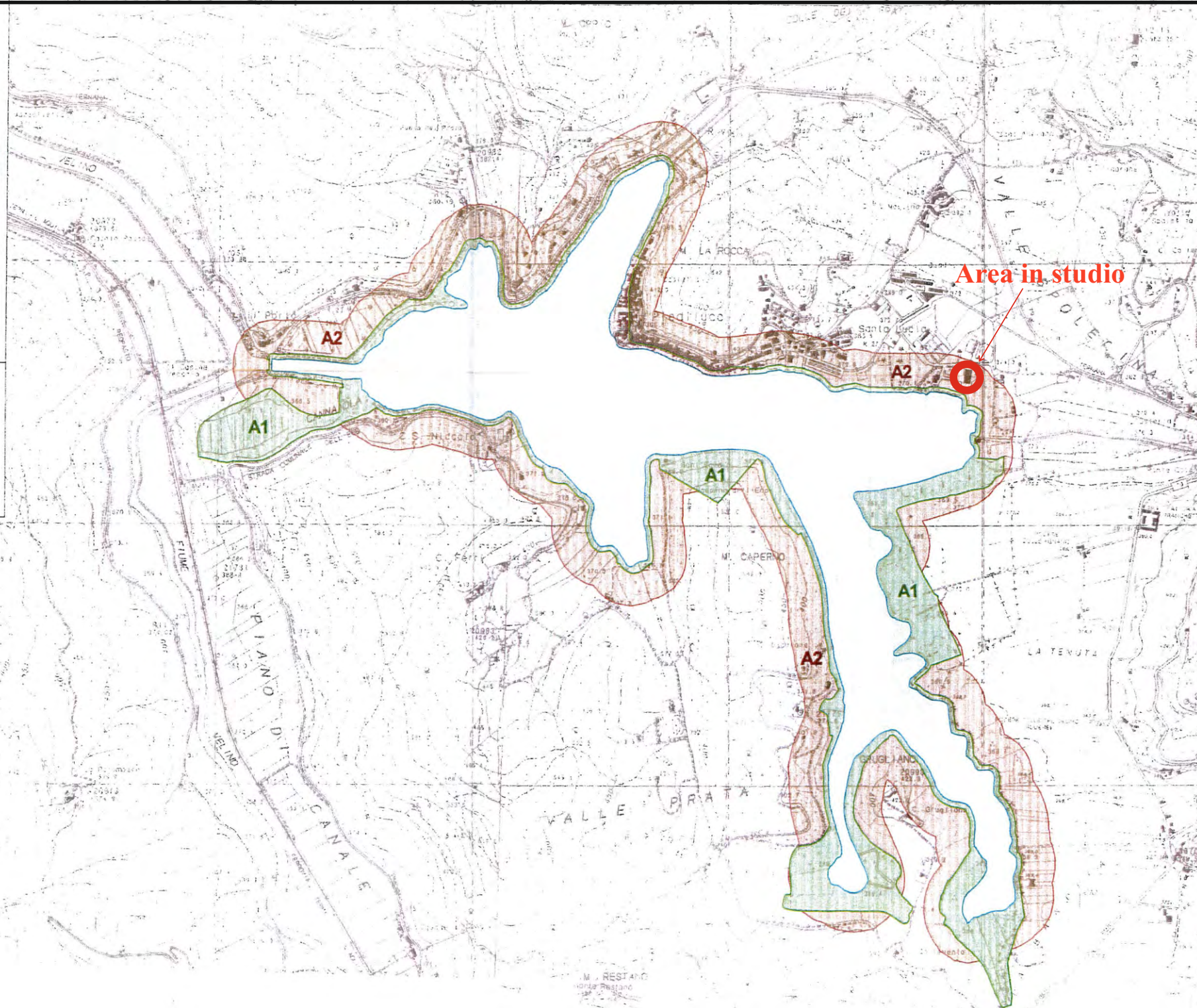
Specchio di Piediluco

Art. 15 N.T.A. commi 8 - 7 - 8 - 9

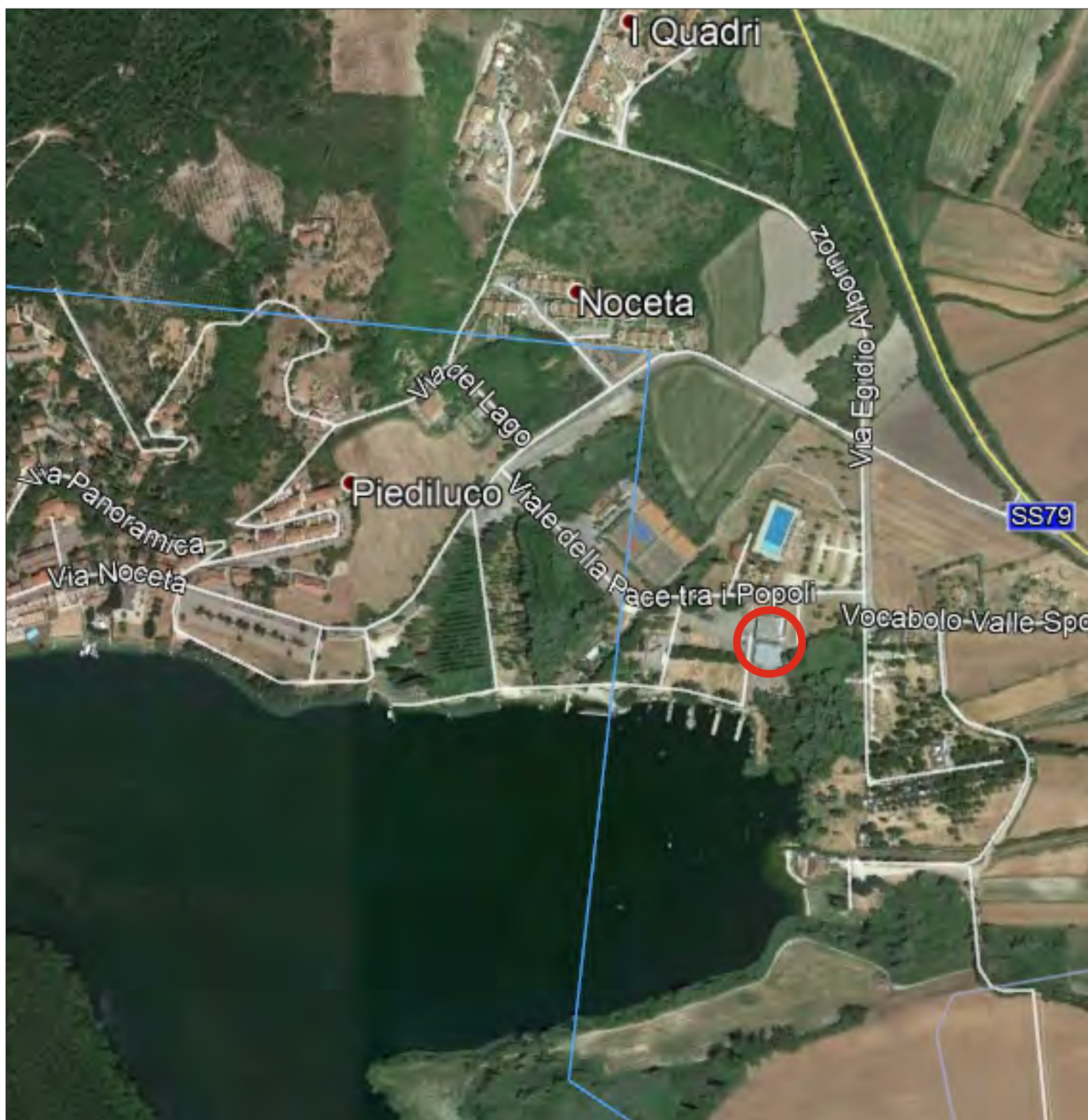
Fascia circumlacuale

A1 Art. 15 N.T.A. commi 10 e 12

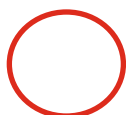
A2 Art. 15 N.T.A. commi 11, 11 bis e 12



ORTOFOTO

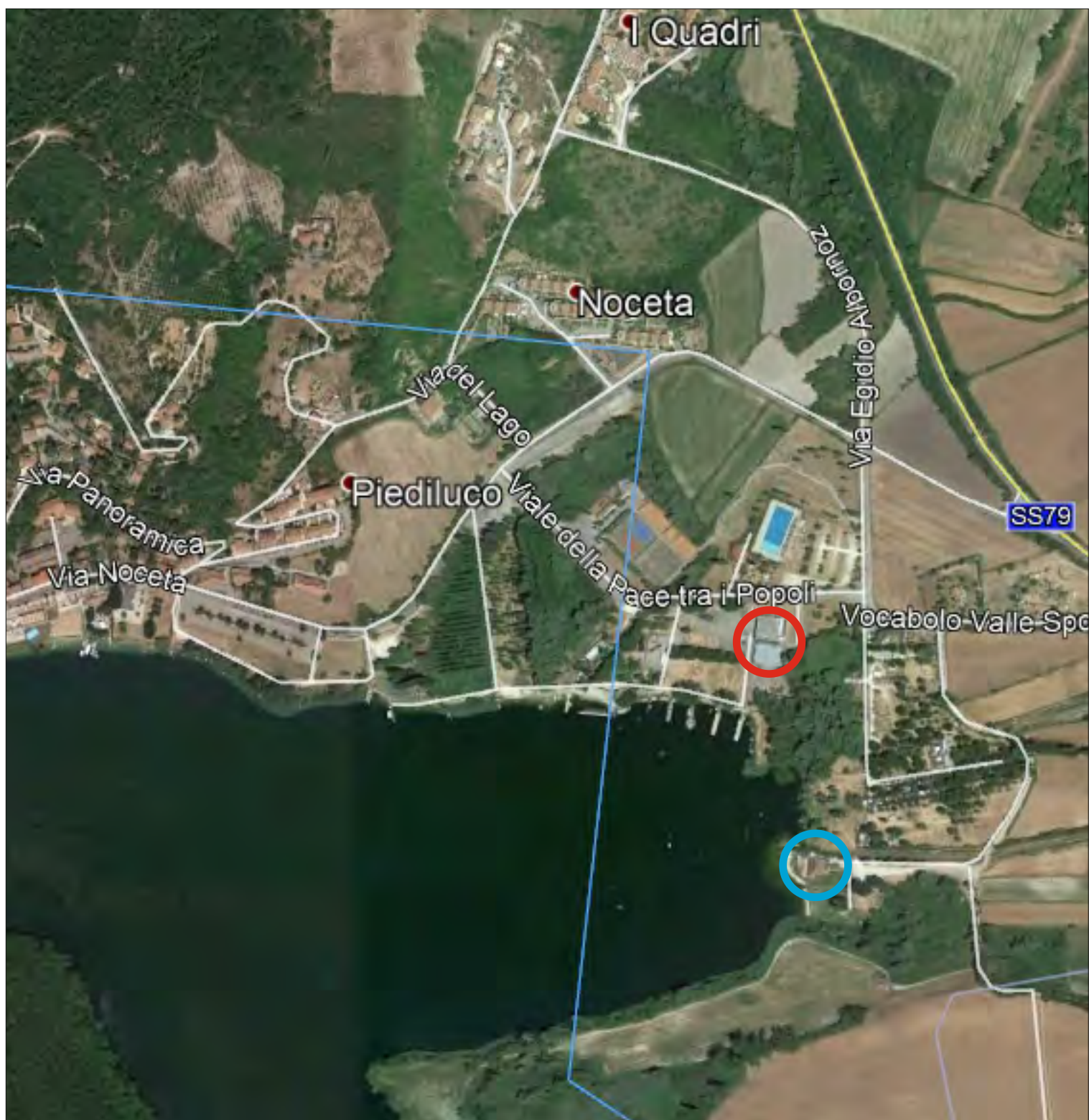


Legenda

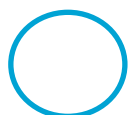


Area in studio

ORTOFOTO



Legenda



Area in cui in data Novembre 2016 sono state realizzate indagini geognostiche e geofisiche per conto di ARA MARINA SUMMER VILLAGE S.A.S. DI MAZZOLI MIRKO



Area in studio

UBICAZIONE DELLE INDAGINI REALIZZATE IN DATA NOVEMBRE 2016



Legenda

● PROVA PENETROMETRICA SUPERPESANTE DPSH

— STENDIMENTO GEOFISICO MASW

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: ARA MARINA SUMMER VILLAGE
Cantiere:
Località: PIEDILUCO

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DL-30 (60°)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	11 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,4 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,783
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Signature 1

Signature 2

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 283784
P. IVA 01374990552



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

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

R _{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C _s	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C _d	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C _r	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immorsamento $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

-
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
 - Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).

- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), Cu (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15 .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DL-30 (60°)
 Prova eseguita in data 29/11/2016
 Profondità prova 11,60 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	4	0,857	14,21	16,59	0,71	0,83
0,20	14	0,805	46,72	58,06	2,34	2,90
0,30	14	0,803	46,61	58,06	2,33	2,90
0,40	8	0,851	28,23	33,18	1,41	1,66
0,50	4	0,849	14,08	16,59	0,70	0,83
0,60	4	0,847	14,05	16,59	0,70	0,83
0,70	4	0,845	14,02	16,59	0,70	0,83
0,80	3	0,843	10,49	12,44	0,52	0,62
0,90	11	0,842	36,38	43,23	1,82	2,16
1,00	3	0,840	9,90	11,79	0,50	0,59
1,10	11	0,838	36,23	43,23	1,81	2,16
1,20	6	0,836	19,72	23,58	0,99	1,18
1,30	7	0,835	22,96	27,51	1,15	1,38
1,40	1	0,833	3,27	3,93	0,16	0,20
1,50	1	0,831	3,27	3,93	0,16	0,20
1,60	1	0,830	3,26	3,93	0,16	0,20
1,70	11	0,828	35,79	43,23	1,79	2,16
1,80	12	0,826	38,97	47,16	1,95	2,36
1,90	11	0,825	33,88	41,08	1,69	2,05
2,00	4	0,823	12,30	14,94	0,61	0,75
2,10	12	0,822	36,82	44,81	1,84	2,24
2,20	13	0,770	37,39	48,55	1,87	2,43
2,30	13	0,769	37,31	48,55	1,87	2,43
2,40	11	0,817	33,57	41,08	1,68	2,05
2,50	7	0,816	21,32	26,14	1,07	1,31
2,60	4	0,814	12,16	14,94	0,61	0,75
2,70	2	0,813	6,07	7,47	0,30	0,37
2,80	7	0,811	21,21	26,14	1,06	1,31
2,90	10	0,810	28,82	35,57	1,44	1,78
3,00	9	0,809	25,89	32,02	1,29	1,60
3,10	6	0,807	17,23	21,34	0,86	1,07
3,20	6	0,806	17,20	21,34	0,86	1,07
3,30	8	0,805	22,90	28,46	1,15	1,42
3,40	16	0,753	42,88	56,92	2,14	2,85
3,50	15	0,752	40,13	53,36	2,01	2,67
3,60	13	0,751	34,72	46,25	1,74	2,31
3,70	15	0,750	40,00	53,36	2,00	2,67
3,80	12	0,798	34,08	42,69	1,70	2,13
3,90	7	0,797	18,95	23,77	0,95	1,19
4,00	7	0,796	18,92	23,77	0,95	1,19
4,10	4	0,795	10,80	13,58	0,54	0,68

4,20	5	0,794	13,48	16,98	0,67	0,85
4,30	4	0,793	10,77	13,58	0,54	0,68
4,40	3	0,791	8,06	10,19	0,40	0,51
4,50	2	0,790	5,37	6,79	0,27	0,34
4,60	1	0,789	2,68	3,40	0,13	0,17
4,70	1	0,788	2,68	3,40	0,13	0,17
4,80	1	0,787	2,67	3,40	0,13	0,17
4,90	1	0,786	2,55	3,25	0,13	0,16
5,00	5	0,785	12,75	16,25	0,64	0,81
5,10	7	0,784	17,83	22,74	0,89	1,14
5,20	5	0,783	12,72	16,25	0,64	0,81
5,30	7	0,782	17,79	22,74	0,89	1,14
5,40	11	0,781	27,91	35,74	1,40	1,79
5,50	10	0,780	25,35	32,49	1,27	1,62
5,60	10	0,779	25,31	32,49	1,27	1,62
5,70	13	0,728	30,76	42,24	1,54	2,11
5,80	8	0,777	20,20	25,99	1,01	1,30
5,90	6	0,776	14,51	18,69	0,73	0,93
6,00	6	0,775	14,49	18,69	0,72	0,93
6,10	12	0,775	28,95	37,37	1,45	1,87
6,20	13	0,724	29,30	40,48	1,46	2,02
6,30	6	0,773	14,44	18,69	0,72	0,93
6,40	14	0,722	31,48	43,60	1,57	2,18
6,50	17	0,721	38,18	52,94	1,91	2,65
6,60	17	0,720	38,14	52,94	1,91	2,65
6,70	2	0,770	4,79	6,23	0,24	0,31
6,80	1	0,769	2,39	3,11	0,12	0,16
6,90	10	0,768	22,96	29,90	1,15	1,50
7,00	11	0,767	25,23	32,89	1,26	1,64
7,10	20	0,716	42,84	59,80	2,14	2,99
7,20	8	0,766	18,31	23,92	0,92	1,20
7,30	5	0,765	11,44	14,95	0,57	0,75
7,40	6	0,764	13,71	17,94	0,69	0,90
7,50	4	0,763	9,13	11,96	0,46	0,60
7,60	3	0,763	6,84	8,97	0,34	0,45
7,70	4	0,762	9,11	11,96	0,46	0,60
7,80	4	0,761	9,11	11,96	0,46	0,60
7,90	5	0,761	10,94	14,38	0,55	0,72
8,00	6	0,760	13,11	17,25	0,66	0,86
8,10	5	0,759	10,92	14,38	0,55	0,72
8,20	6	0,759	13,09	17,25	0,65	0,86
8,30	8	0,758	17,43	23,00	0,87	1,15
8,40	6	0,757	13,06	17,25	0,65	0,86
8,50	7	0,757	15,23	20,13	0,76	1,01
8,60	7	0,756	15,22	20,13	0,76	1,01
8,70	7	0,755	15,20	20,13	0,76	1,01
8,80	6	0,755	13,02	17,25	0,65	0,86
8,90	6	0,754	12,53	16,62	0,63	0,83
9,00	13	0,703	25,33	36,00	1,27	1,80
9,10	13	0,703	25,30	36,00	1,27	1,80
9,20	12	0,752	25,00	33,23	1,25	1,66
9,30	14	0,702	27,20	38,77	1,36	1,94
9,40	14	0,701	27,18	38,77	1,36	1,94
9,50	11	0,751	22,86	30,46	1,14	1,52
9,60	12	0,750	24,92	33,23	1,25	1,66
9,70	15	0,699	29,05	41,54	1,45	2,08
9,80	20	0,699	38,70	55,38	1,94	2,77

9,90	16	0,698	29,84	42,73	1,49	2,14
10,00	23	0,648	39,78	61,42	1,99	3,07
10,10	26	0,647	44,94	69,44	2,25	3,47
10,20	25	0,647	43,17	66,77	2,16	3,34
10,30	26	0,646	44,86	69,44	2,24	3,47
10,40	26	0,646	44,82	69,44	2,24	3,47
10,50	26	0,645	44,78	69,44	2,24	3,47
10,60	29	0,644	49,91	77,45	2,50	3,87
10,70	27	0,644	46,43	72,11	2,32	3,61
10,80	28	0,643	48,11	74,78	2,41	3,74
10,90	29	0,643	48,08	74,79	2,40	3,74
11,00	35	0,592	53,46	90,26	2,67	4,51
11,10	40	0,542	55,89	103,15	2,79	5,16
11,20	45	0,541	62,82	116,05	3,14	5,80
11,30	50	0,541	69,73	128,94	3,49	6,45
11,40	52	0,540	72,45	134,10	3,62	6,70
11,50	55	0,540	76,56	141,83	3,83	7,09
11,60	65	0,539	90,39	167,62	4,52	8,38

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturato (t/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (Kg/cm²)	Modulo Edometrico (Kg/cm²)	Modulo Elastico (Kg/cm²)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Kg/cm²)	Velocità di onde di taglio (m/s)
Strato (1) TERRENO DI RIPORTO	0,00-0,30	8	Incoerente	1,80	1,91	18	--	43,90	---	0,34	459,01	67,97
Strato (2) LIMIGLIASSI	0,30-1,60	3	Coesivo Incoerente	1,85	1,86	20	0,10	32,39	30,00	0,35	182,56	81,92
Strato (3) LIMIGLIASSI E ARGILLE LIMOSE	1,60-9,90	6	Coesivo Incoerente	1,90	1,89	22	0,20	62,99	60,00	0,34	350,25	130,72

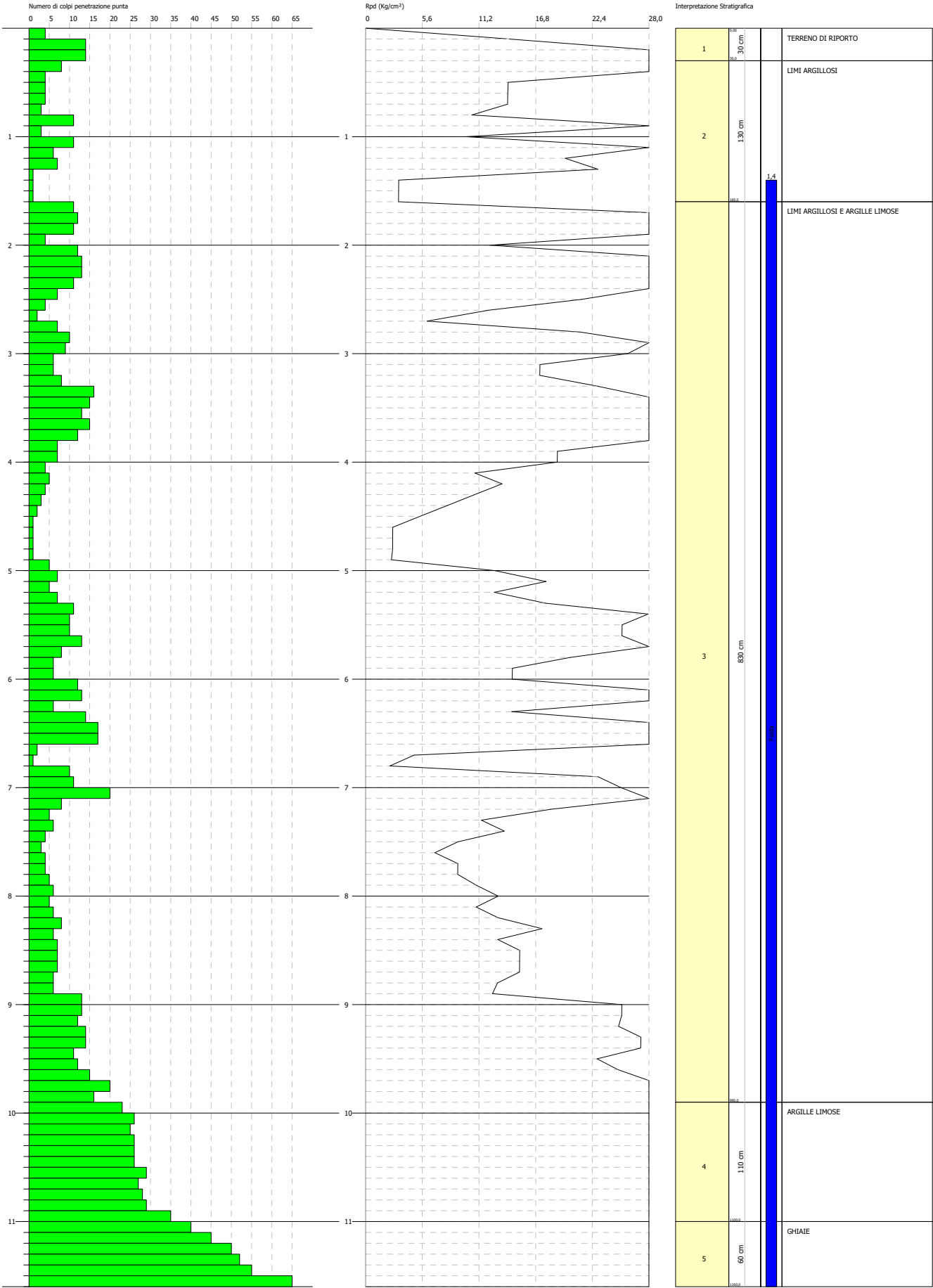
Strat o (4) ARGI LLE LIMO SE	9,90- 11,00	21	Coesivo Incoerent e	2,10	2,12	24	1,50	215,98	210,00	0,32	983,72	177,41
Strat o (5) GHIA IE	11,00 - 11,60	40	Incoerent e	2,20	2,03	45	--	83,95	212,50	0,3	1465,1 6	193,81

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DL-30 (60°)

Committente: ARA MARINA SUMMER VILLAGE
Cantiere:
Località: PIEDILUOCO

Data: 29/11/2016

Scala 1:49



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2



Società Geologica Srl

Via G. Vitalone 18 - 05100 Terni

Cod. Fisc./P.IVA 01374990552

REGIONE UMBRIA

PROVINCIA DI TERNI

COMUNE DI TERNI

LOCALITA': PIEDILUCO- VIA DELL' ARA MARINA N° 6

COMMITTENTE: ARA MARINA SUMMER VILLAGE S.A.S. DI
MAZZOLI MIRKO

INDAGINE MASW

Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie)

Data: Novembre 2016

SOCIETA' GEOLOGICA S.r.l

SOCIETA' GEOLOGICA s.r.l.
Via G. Di Vitalone, 18 - 05100 TERNI
Tel. 0744 402427 / Fax 0744 293784
P. IVA 01374990552

PREMESSA

Nel mese di Novembre 2016 è stata eseguita un'indagine MASW *Multi-channel Analysis of Surface Waves*.

L'indagine è stata eseguita realizzando uno stendimento geofonico di 12 metri.

Come sorgente di energia è stata utilizzata una mazza di battuta.

Sono state eseguite n. 2 battute con offset minimi di 2 e 5 metri a partire dall'ultimo geofono.

L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il Sismografo a 12 canali 16SG24 della P.A.S.I. s.r.l. di Torino, mentre la successiva elaborazione è avvenuta mediante il software WinMASW, della Eliosft.

NOTE TEORICHE

A cosa serve sapere la Vs?

La questione delle Vs è venuta alla ribalta in relazione alle novità normative in materia antisismica. La conoscenza del valore della Vs nella parte più superficiale è infatti utile a stimare l'effetto di sito (l'amplificazione litologica).

In realtà la Vs ha notevole valore anche dal punto di vista dell'ingegneria civile (ricordiamo ad esempio che il *modulo di taglio* è dato dal prodotto della densità per il quadrato della Vs).

In generale la conoscenza di Vs e Vp fornisce un valore aggiunto notevole in quanto consente una serie di considerazioni (geomeccaniche ambientali e litologiche) impossibili da svolgere avendo a disposizione solo l'una o l'altra

Si ricordi, giusto per dare un motivo di riflessione, come la Vp sia fortemente influenzata dalla presenza di acqua (le rifrazioni in Vp fatte in pianura alluvionale forniscono Vp attorno a 1500m/s a pochissimi metri di profondità proprio a causa della "tavola d'acqua") mentre la Vs ne sia solo modestamente influenzata.

Cos'è una misura MASW

MASW è l'acronimo di *Multi-channel Analysis of Surface Waves* (*Analisi Multi-canale di Onde di Superficie*). Ciò indica che il fenomeno che si analizza è la propagazione delle onde di superficie.

Più specificatamente si analizza la **dispersione** delle onde di superficie (cioè il fatto che frequenze diverse - cioè lunghezze d'onda diverse - viaggiano a velocità diversa). Il principio base è piuttosto semplice: le varie componenti (frequenze) del segnale (cioè del segnale sismico che si propaga) viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo.

Più specificatamente: le lunghezze d'onda più ampie (cioè le frequenze più basse) sono influenzate dalla parte più profonda (in altre termini *sentono* gli strati più profondi), mentre le piccole lunghezze d'onda (le frequenze più alte) dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale.

Poiché tipicamente la velocità delle onde sismiche aumenta con la profondità, ciò si rifletterà nel fatto che le frequenze più basse (delle onde di superficie) viaggeranno ad una velocità maggiore rispetto le frequenze più alte.

Quindi la tipica curva di dispersione si presenta secondo un *trend* del genere riportato nella seguente figura (nella quale sono riportate le curve di dispersione sia delle onde di Rayleigh che di Love per un tipico modello)

Tradizionalmente le *MASW* sono effettuate tramite analisi delle onde di Rayleigh (che vengono registrate tramite i comuni geofoni a componente verticale - quelli usati per la comune rifrazione in onde compressionali - e considerando una comunissima sorgente ad impatto verticale, cioè la classica martellata).

Questo avviene per almeno 2 motivi:

1. tali geofoni (e tale modalità di acquisizione) sono sicuramente i più semplici e comuni.
2. la propagazione e dispersione delle onde di Rayleigh si verifica senza problemi anche in caso di canali a bassa velocità (inversioni di velocità) che, come sappiamo, risultano invisibili per la rifrazione (i cui risultati vengono anzi inficiati dalla presenza di inversioni di velocità!).

In sintesi: poichè la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo (dalle sue variazioni verticali), dalla determinazione delle curve di

dispersione è possibile ricavare le caratteristiche del mezzo (i parametri fondamentali sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore degli strati).

SINTESI DEI RISULTATI

Lunghezza stendimento: 12.0 m;

Distanza intergeofonica: 1.0 m.

L'interpretazione dei dati ha permesso di individuare il seguente risultato :

La velocità V_{s30} (m/s) = 302

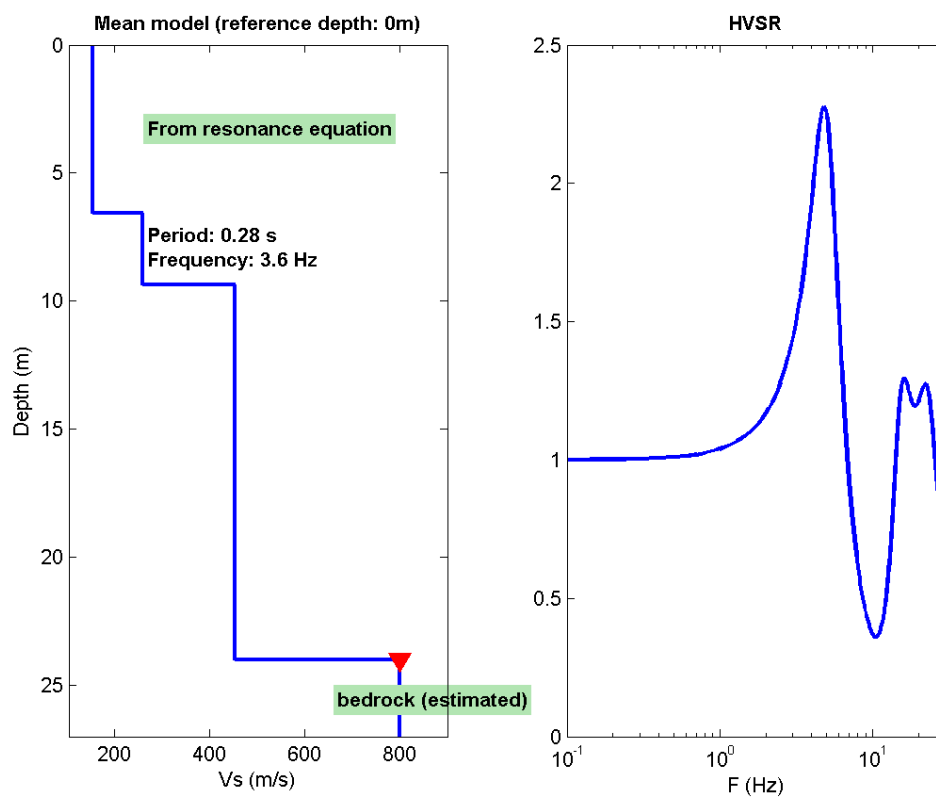
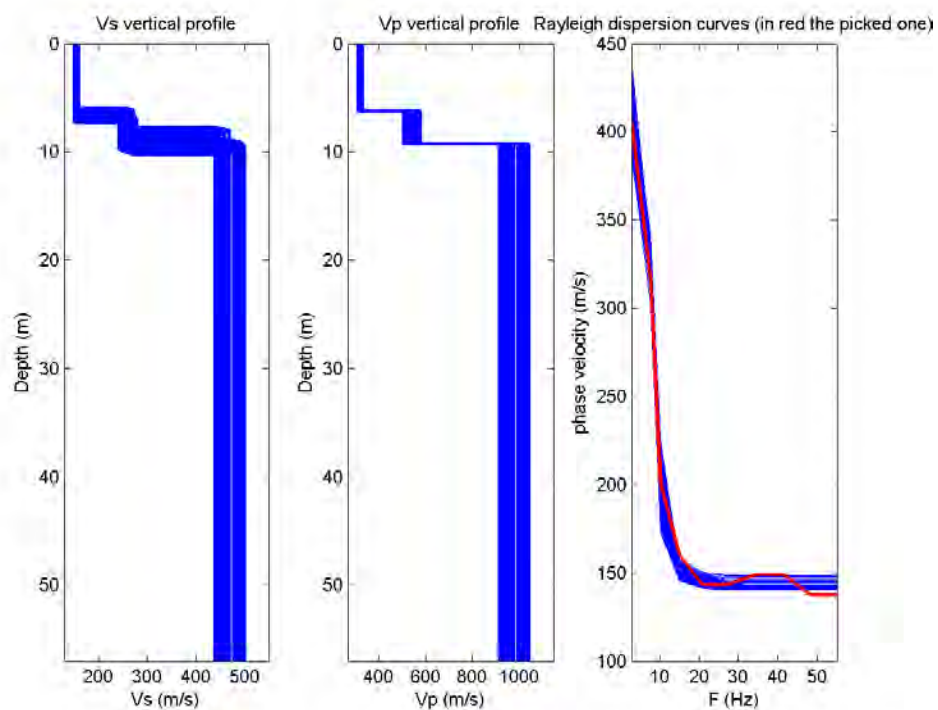
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) il terreno in oggetto ricade nella categoria di sottosuolo:

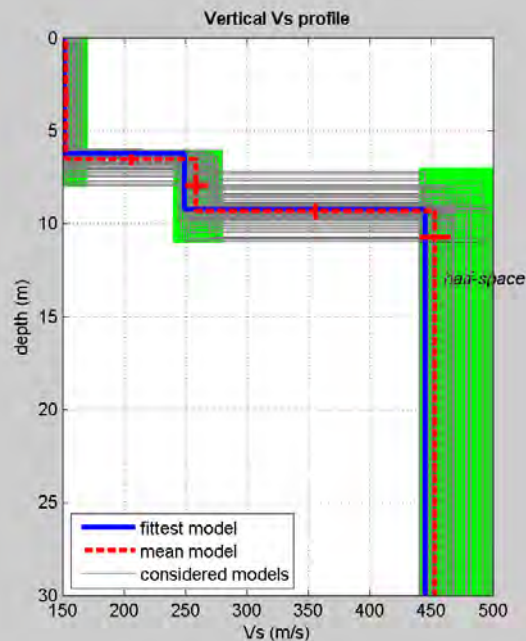
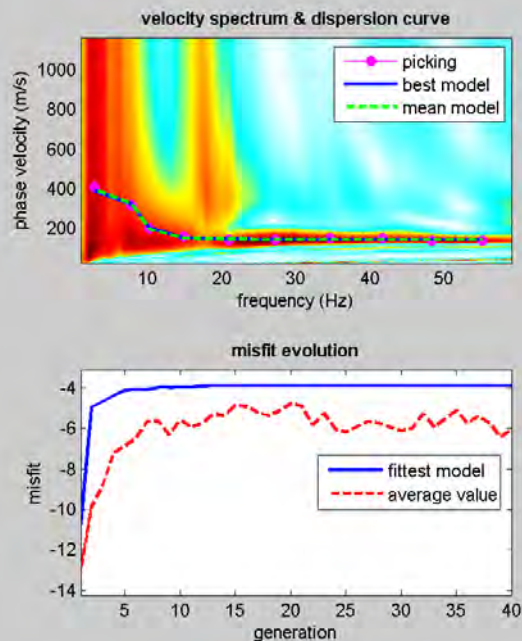
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei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

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)
1	153	6.6
2	259	2.8
3	453	21

E' da tener presente, tuttavia, che le Vs30, e la relativa categoria di sottosuolo risultante, si riferiscono ai 30 metri di profondità a partire dal piano campagna.

ALLEGATI

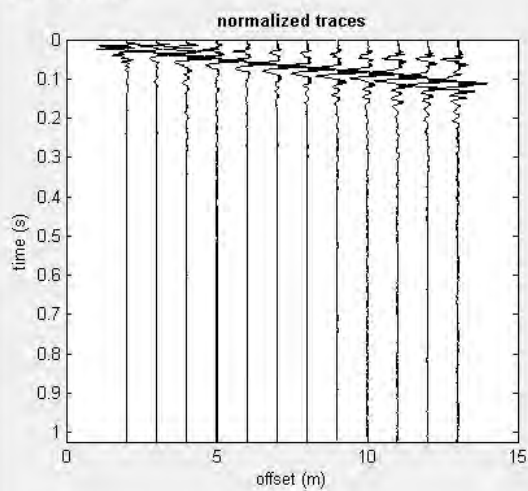




dataset: piediluco 2-12#.DAT
dispersion curve: piediluco ara marina.cdp
VS30 (best model): 301 m/s
VS30 (mean model): 302 m/s

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: piediluco 2-12#.DAT
minimum offset: 2 m
geophone spacing: 1 m
sampling: 0.5 ms



utilities: flip traces, spectrum, movie ?

data selection: activate, select, 20, cancel, save

refraction: quick refraction, upload, save, clear refraction

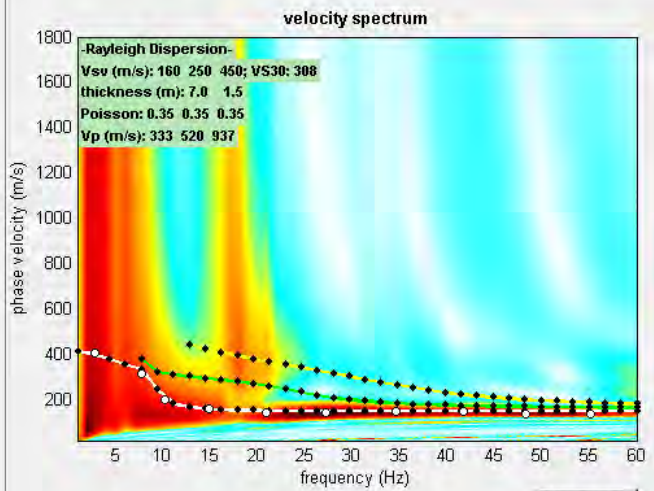


#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: calculate spectrum... C Tau ...

ReMi: upload ReMi spectr...

visualize curves: input curve ?



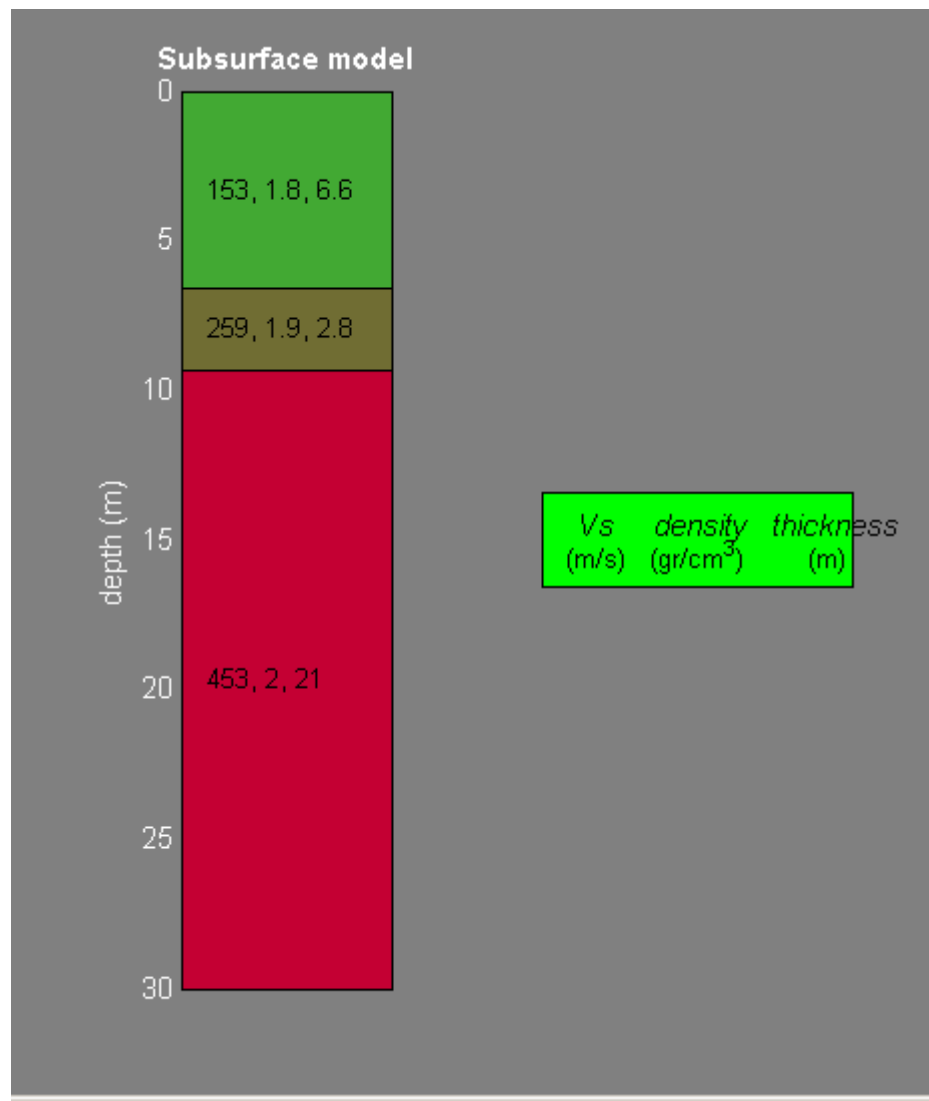
modelling: parameters, save model, upload model, 3, Raylei..., eigen per..., refresh ?

piediluco ara marina.cdp: fundamental, ?

use the right button to select the last point of the considered mode

save picking, ? cancel picking

inversion: exit



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

PP1



MASW

