

Dott. Paolo Giacomelli

Geologo

Ordine regionale dei geologi N. 369

Codice Fiscale: GCM PLA 64L04 E783S

P.I. 01259920435

Studio di

Geologia

Idrogeologia

Geotecnica

COMUNE DI MONTELUPONE (MC)

**REALIZZAZIONE NUOVI SPOGLIATOI
E LOCALI TECNICI
NEL CENTRO SPORTIVO
IN VIA MANZONI**

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente
Amministrazione Comunale

INDICE

1.0 Premessa

1.1 Cronistoria del dissesto di Montelupone

2.0 Caratteri geologici geomorfologici generali

3.0 Litologia

4.0 Caratteri idrologici

*4.1 Permeabilità**4.2 Idrogeologia**4.3 Misure piezometriche*

5.0 Caratteristiche geomeccaniche dei terreni

6.0 Amplificazione topografica

7.0 Sismicità

8.0 Conclusioni

ALL: 2 tabulati prova MASW e HVSr

APPENDICE

Tav. 1	Corografia Ortofotocarta	1:5.000
Tav. 2	Stralcio planimetrico	1:2.000
Tav. 3	Stralcio cartografia PAI attuale Tav RI49	1:10.000
Tav. 4	Planimetria catastale	
Tav. 5	Planimetria progetto con punti di indagine	1:2000
N 2	sondaggi geognostici	
N 2	prove penetrometriche	

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono esposti i risultati relativi ad una indagine geologica e geomorfologica eseguita, per conto dell'Amministrazione Comunale, per la realizzazione di nuovi spogliatoi e locali tecnici nell'area del centro sportivo di via Manzoni nel comune di Montelupone (Mc), previa demolizione di quelli esistenti.

La presente relazione, finalizzata alla costruzione del MODELLO GEOLOGICO del sito ai sensi del paragrafo 6.2.1 del Decreto Ministero delle infrastrutture e trasporti del 17 gennaio 2018, è stata redatta in conformità alla seguente normativa di riferimento.

- Decreto Legge n. 189 del 17.10.2016. Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dal sisma del 24 agosto 2016.
- Ordinanza n. 19 del 07.04.2017 del Commissario Straordinario per la ricostruzione dei territori interessati dal sisma.
- Decreto Ministeriale 17.01.2018. Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare del C.S.LL.PP. n.617 del 2 febbraio 2009. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Voto n. 36 del 27.07.2007 del C.S.LL.PP. Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Decreto Ministeriale 11.03.1998: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Deliberazione Consiglio Regionale Marche n. 116 del 21.01.2004. Approvazione P.A.I. (Piano Assetto Idrogeologico) e successive integrazioni e modifiche.
- RDL 3267 del 30.12.1923. Vincolo Idrogeologico.
- Legge Regione Marche n.22 del 23.11.2011 (art. 10). Invarianza idraulica e compatibilità idraulica.
- D.P.R. n.120 del 13.06.2017. Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo.
- P.T.C. (2001). Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Macerata e relative Norme Tecniche Attuative.

Tab. 1. *Normativa di riferimento.*

A tale scopo è stato condotto il seguente programma di lavoro:

- rilevamento geologico e geomorfologico in un intorno significativo dell'area di studio, alla scala di dettaglio e nelle singole zone di intervento;
- reperimento di dati stratigrafici e geotecnici relativi alle numerose indagini geologiche su committenze private e pubbliche svolte nella zona negli ultimi anni (sondaggi geognostici e prove penetrometriche), mirate soprattutto a verificare

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

Esecuzione di prove sismiche con estendimento Masw e prova HVSR per la definizione sismica dell'area;

- elaborazione dei dati acquisiti e caratterizzazione geotecnica dei terreni presenti;
- definizione dei caratteri idraulici ed idrologici dell'area;

Il versante in oggetto è inquadrabile nel foglio 124 (Macerata) della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, compreso nella tavoletta IGM n°118/III° quadrante e sezioni 303030 e 303070 dell'Ortofotocarta regionale alla scala 1:10.000.

Più specificatamente l'area oggetto di intervento è ubicata a N-E del capoluogo, e si estende lungo il versante che dal centro storico si sviluppa verso nord. La zona in studio è marginale e contigua all'esistente campo sportivo comunale ed è a quota 215 m slm.

L'area di intervento è al margine di una zona classificata, dal vigente Piano Assetto Idrogeologico Regionale, come area in frana, cartografata nelle tavola PAI *RI46c* con codice F-16-0031-P3-R3.

L'analisi morfologica, che mira a valutare le condizioni attuali del versante in oggetto, è stata effettuata mediante indagini dirette (rilevamento geomorfologico sul terreno e sondaggi) ed indagini indirette, mediante l'utilizzo di aerofotogrammetrie e di informazioni bibliografiche e di archivio.

L'area interessata dal progetto è posta su un versante mediamente acclive, degradante verso l'incisione del Fosso Bacile, tributario di dx del fiume Potenza.

Lungo detto versante, molto più a valle rispetto alla zona indagata, mal mascherate dall'intensa attività antropica, si evidenziano alcune forme legate a fenomeni d'instabilità gravitativa; il profilo topografico della zona mostra, infatti, diverse aree con avvallamenti ed interruzioni trasversali di pendenza.

1.1 CRONISTORIA DEL DISSESTO DEL CENTRO STORICO

La frana che ha investito il Capoluogo ha origini antiche, oltre un secolo, ed ha alternato periodi di quiescenza con periodi di modesta attività; alla fine degli anni '70 ed all'inizio degli anni '80 si è verificata una recrudescenza del fenomeno. L'Amministrazione comunale ha successivamente indetto un Appalto concorso per il consolidamento del dissesto franoso che è stato aggiudicato alla Ditta RODIO.

L'intervento di consolidamento della Ditta Rodio, effettuato nei primi anni ottanta, è basato sul drenaggio attuato mediante aste drenanti subverticali realizzate dall'interno di due gallerie sotto il Centro storico. Tale intervento ha avuto l'effetto di abbassare il livello delle pressioni interstiziali nell'area del capoluogo, ed ha contribuito ad abbassare il livello della falda anche in corrispondenza della zona del versante nord.

Nel 2001, infine, si è proceduto all'intervento di bonifica del tratto di versante che interessa la presente indagine, su progetto di "Consolidamento Capoluogo" redatto dall'Ing. Bruno Bianco, geol. Sergio Caturani e geol. Luigi Morgoni – Interventi urgenti finanziati ai sensi del D.Lgs. 180/08 e L267/98,, tramite opere drenanti lungo l'asse viario di via Manzoni.

Quest'ultimo intervento è risultato di fondamentale importanza per la riduzione del rischio idrogeologico di tutta la zona a monte del campo sportivo ed in particolare dell'asse viario di via

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

Manzoni. Allo stato attuale pertanto si ritiene con ragionevole certezza che l'area in oggetto presenta un sensibile abbassamento di rischio idrogeologico a seguito degli interventi attuati.

2. CARATTERI GEOLOGICI GEOMORFOLOGICI GENERALI

2.1 Inquadramento geolitologico generale

Il territorio del Comune di Montelupone è ubicato, dal punto di vista geologico, all'interno del "Bacino periadriatico", di sedimentazione Plio-pleistocenica, che articola, con una complessa morfologia, il Bacino marchigiano esterno.

Il rilievo su cui sorge Montelupone è costituito dalle alternanze di sabbie e argille Plio-pleistoceniche (brd-rock) in facies di transizione, con la porzione di tetto eminentemente sabbiosa, sovrastata da una spessa coltre limo-argillosa, di origine colluviale e, subordinatamente eluviale.

La tettonica legata alla fase distensiva quaternaria ha agito lasciando tracce modeste ma molteplici.

La successione geologica locale di dettaglio è nota attraverso le numerose indagini precedentemente effettuate e dai numerosi sondaggi disponibili.

3.0 LITOLOGIA

La successione litostratigrafia dei terreni è nota attraverso le numerose indagini svolte nei dintorni del centro storico con sondaggi anche molto prossimi alla zona di intervento. Inoltre, nel corso della presente indagine, è stato eseguito dallo scrivente un sondaggio geognostico all'interno della zona di progetto (stratigrafia in allegato).

La successione litologica locale, esclusi i rilevati antropici, può essere così schematizzata:

- a) coltre.
- b) formazione.

a) Coltre colluviale costituita prevalentemente da limo argilloso e/o limo argilloso-sabbioso ed argilla limosa di colorazione dal brunastra e marroncina al marrone chiaro e con incluse rare concrezioni calcaree nodulari. Tra mt 8,7 ed 11,3 nel sondaggio reperito si rinviene argilla limosa marrone ocrea, plastica e satura, di bassa consistenza.

Successivamente da mt 11,3 fino alla fine del sondaggio (mt 16,00) sono presenti limi sabbiosi e sabbie giallastre, saturi e sciolti, con inclusioni a tratti abbondanti di ghiaia e ciottoli sparsi. Il sondaggio è stato interrotto a mt 16 per richiusura delle pareti del foro e impossibilità di avanzamento. Tale livello sabbioso non si rinviene nel sondaggio Sr1 eseguito in precedenza a valle dell'area (Giacomelli, 2015) e corrisponde al riempimento di paleovalve o canali sottomarini da materiale di disfacimento del substrato, presumibilmente a partire dall'Olocene Superiore fino all'ultimo interglaciale Riss-Wurm.

Il substrato marino, non raggiunto dal sondaggio eseguito, è costituito dalla *Formazione Pelitica* e si rinviene nell'area intorno a circa 15/18 mt di profondità.

Il forte spessore della coltre caratterizza geologicamente la parte centrale del Capoluogo ed il versante Nord-orientale del rilievo su cui si trova Montelupone. Lo spessore

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

della coltre diminuisce progressivamente verso est fino ad esaurirsi in corrispondenza di via Cialdini –S.P. Potentina.

b) *Formazione pleistocenica*. Rappresentata da alternanze di argille marnose e sabbie con prevalenza di argille e solo localmente di sabbie (depositi sabbioso-conglomeratici sono presenti solo in aree localizzate del centro storico e della dorsale percorsa da via Cialdini e da quella minore diretta verso il campo sportivo)..

Nell'area in oggetto, prevale la formazione in facies eminentemente pelitica con intercalazioni sabbiose dello spessore di qualche mm fino al centimetro, in profondità diventano veliformi.

La stratificazione è piano parallela con giacitura immergente tra ENE e NNE di circa 10°. La colorazione, inizialmente giallastra da una certa profondità diviene di colore grigio e leggermente marnosa.

La sezione litologica allegata descrive un quadro completo della situazione geologica dell'area di studio.

4.0 CARATTERI IDROLOGICI

4.1 PERMEABILITA'

La permeabilità dei litotipi della coltre è generalmente scarsa, localmente e soprattutto nella parte bassa sono presenti orizzonti più permeabili dipendentemente dal contenuto in sabbia; i litotipi della formazione sono mediamente poco permeabili in direzione verticale mentre lungo gli interstrati sabbioso limosi si osserva una discreta permeabilità; la porzione di tetto della formazione, più alterata, è permeabile anche verticalmente per fatturazione.

4.2 IDROGEOLOGIA

Nella zona è presente una falda idrica, che si estende fin sotto gran parte del Centro storico. Il livello della piezometrica di tale falda è condizionato dagli interventi effettuati nell'area, primo fra tutti quello della ditta Rodio. Tale intervento, finalizzato al consolidamento del Centro storico ed attivo dal 1980, è basato su un drenaggio per l'abbattimento della falda idrica; con risultati di documentata efficacia.

Il successivo intervento di consolidamento del 2001 di via Manzoni, ha esteso l'abbattimento della falda verso NE, nella zona in oggetto. A questo proposito è utile ripercorrere i punti salienti della relazione tecnica dello stesso geologo Morgoni, presentata in occasione della stesura del progetto preliminare di bonifica per la realizzazione dei pozzi drenanti di via Manzoni ("Consolidamento capoluogo" D.L.180/98 e L.267/98) del 2001. In essa si descrive come la galleria drenante eseguita dalla Rodio nei primi anni '80 abbia conseguito ad un significativo abbassamento delle piezometrica nell'area. Le misure successive, effettuate negli anni novanta hanno tuttavia riscontrato la necessità urgente di effettuare ulteriore intervento di drenaggio profondo e regimazione idrica nelle parti intermedie dei corpi di frana e nelle aree dissestate a ridosso di viale Cialdini e della S.P. Potentina poiché il crinale relativo è via preferenziale di deflusso delle acque profonde.

Tale progetto di bonifica è stato realizzato nel corso dell'anno 2001.

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

Successive misure piezometriche nei pozzi drenanti realizzati e in quelli limitrofi hanno potuto verificare l'effettiva bontà del progetto realizzato, con abbattimento della falda in corrispondenza di tutto il viale Manzoni (sono presenti tre Piezometri monitorati attualmente) ad un livello stazionario compreso tra di -12 e -15 m dal p.c. Lungo tutto l'asse viario di via Manzoni, la falda è stabilizzata ad una profondità variabile tra i 20 ed i 12 m di profondità.

Da non trascurare inoltre, il recupero funzionale delle fonti Bagno, Janni e Fontanella, tutte drenanti lungo il versante est e nord est, effettuato dall'Amm. Comunale di recente, che ha contribuito ad incrementare il reticolo drenante più superficiale del versante.

In sintesi, il livello della piezometrica nel versante in oggetto, dopo gli interventi realizzati dal 1980 in poi, si è abbassato, (fino a circa 10 metri) prevalentemente in prossimità dell'asse delle opere stesse,, mentre lateralmente a queste gli effetti sono ovviamente meno sensibili.

L'interpretazione di tali dati non è sempre di facile lettura, perché nel tempo si sono riscontrate anomalie locali e temporali in piezometri in particolare nel centro storico.

Di fatto, all'esecuzione delle opere di consolidamento non sempre si associa, in seguito, il monitoraggio nel tempo della effettiva funzionalità delle stesse, e le misurazioni periodiche dei numerosi pozzi e piezometri del capoluogo è di fondamentale importanza per tenere sotto controllo la falda idrica e al funzionalità delle opere drenanti.

Nello specifico dell'area in oggetto, essendo la zona di intervento a valle dell'asse drenante di via Manzoni, il cono di influenza dei pozzi drenanti coinvolge direttamente il livello freatico della piezometrica, mantenendolo stabile ad una profondità di circa -14 m dal p.c.

4.3 MISURE PIEZOMETRICHE

Poco a monte della zona di intervento è stato eseguito (geol. Morgoni; 2001) un sondaggio (denominato P8) con installazione di due tubi inclinometrici a diversa profondità; alla data del 5 novembre 2019 nel tubo profondo la falda misurava una soggiacenza di -16.08 mt e in quello superficiale di -9,3 mt dal p.c..

Altri piezometri sono presenti lungo via Manzoni, il più vicino è nel piazzale antistante l'edificio Romagnoli di via Manzoni, realizzato nel 1990 nell'ambito del progetto S.C.A.I. e tuttora in perfetta efficienza. Questo piezometro raggiunge la profondità di 17 m dal p.c. all'interno del substrato. Misurato di recente, intercetta la falda a -14 mt dal p.c.

Breve cenno sulle opere antropiche dell'area di via Manzoni

La zona risulta edificata in maniera frammentaria; in particolare nella porzione medio-alta di via Manzoni. Lungo la via sul fronte est vi insistono numerosi edifici, mentre nel versante ovest, ad esclusione della caserma dei Carabinieri, vi è solamente un'area con attrezzature sportive e verde pubblico.

E' da notare che negli ultimi anni, non sono stati rilevati movimenti lungo le strutture viarie, né si osservano lesioni sulle pareti murarie delle strutture esistenti. Per quanto riguarda la pavimentazione stradale di via Manzoni, non si rilevano filamenti e/o dissesti associabili a movimenti recenti o in atto.

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

Parimenti non sono stati riscontrati evidenti fenomeni di dissesti negli edifici limitrofi, a monte ed a valle della zona di indagine. Quindi si ritiene alle condizioni attuali, vista la presenza del sistema drenante profondo nell'area, che ha abbassato e stabilizzato la falda idrica lungo il versante, una rassicurante stabilità dell'area oggetto di intervento. Questa condizione è tuttavia, implicitamente direttamente collegata al funzionamento nel tempo del sistema drenante.

5.0 CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEI TERRENI *PARAMETRI MEDI FM*

Per la valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti è stato fatto riferimento alle prove penetrometriche dinamiche eseguite..

I coefficienti geotecnici medi (M) di seguito riportati sono stati desunti dalla estrapolazione dei dati ricavati dalle prove e dalla letteratura tecnica esistente.

I valori misurati risultano sempre di una certa omogeneità per tutto il materiale estratto.

Sono inoltre stati presi a riferimento i campioni di terreno analizzati in laboratorio durante precedenti indagini geologiche nelle vicinanze rappresentativi dei litotipi rinvenuti.

I coefficienti geotecnici medi, possono essere così valutati:

COLTRE COLLUVIALE ED ELUVIALE LITOTIPO **B1** (LIMO ARGILLOSO) PARAMETRI FM

peso di volume	γ	=	1,95	(g/cm ³)
coesione non drenata	C_u	=	0,40÷1,00	(Kg/cmq)
coesione drenata	C'	=	0,05÷0,10	(Kg/cmq)
Modulo di poisson	ν	≈	0,45	
angolo di attrito interno	φ'	≈	20°÷23°	(gradi)
Modulo edometrico	E_{ed}	≈	45÷65	(Kg/cmq)
Costante di Winkler	K_w	≈	1.50÷2.50	
Modulo di taglio	G_0	≈	450÷480	(Kg/cmq)
Velocità onde S	V_s	≈	200÷250	(Kg/cmq)

COLTRE COLLUVIALE ED ELUVIALE LITOTIPO **B2** (SABBIE E SABBIE LIMOSE) PARAMETRI FM

peso di volume	γ	=	1,90	(g/cm ³)
coesione drenata	C'	=	0,0	(Kg/cmq)
Modulo di poisson	ν	≈	0,40	
angolo di attrito interno	φ'	≈	24°÷28°	(gradi)
Modulo edometrico	E_{ed}	≈	55÷75	(Kg/cmq)

6.0 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Tab. 1. *Categorie topografiche e valori massimi del coefficiente di amplificazione S_T .*

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$		1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della	1,2

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

		sommità del pendio	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinaz. media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinaz. media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

L'area interessata dal progetto si trova in condizioni di debole acclività; pertanto, per quanto riguarda la topografia, può essere classificato come **T1** e il valore del fattore di amplificazione topografica risulta **St = 1,0**.

7.0 SISMICITÀ

Il territorio comunale di Montelupone ricade in **zona sismica 2** (O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003), dove il valore di $A(g)$, accelerazione orizzontale al suolo espressa come frazione della accelerazione di gravità (g) risulta pari a **0,25**.

Si riporta la tabella ove ogni zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Tab. 6. Zone sismiche.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

7.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO

Per classificare il sito in oggetto dal punto di vista sismico deve essere nota la litostratigrafia del sottosuolo, in dettaglio si deve conoscere:

- il numero e lo spessore degli strati di copertura sovrastanti il substrato roccioso (bedrock) o comunque uno strato con velocità delle onde S nettamente maggiore ($V_s > 500$ m/s) di quella dei livelli superiori (bedrock-like); la velocità delle onde S negli strati di copertura.
- Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (T.U. Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche), si è provveduto alla caratterizzazione delle diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, a partire dal piano di posa, tramite il discriminare delle differenti "Vs". I valori prossimali delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio "Vs" per i vari litotipi rilevati sono valutati in relazione alle indagini effettuate.
 - **Vseq** (m/sec). Velocità ponderale di propagazione delle onde di taglio S mediata nei primi 30 m di profondità nel sottosuolo
 - La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della *velocità equivalente* di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

. con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato; $V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio ell' i -esimo strato;

N = numero di strati; H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Nella la presente indagine geologico-tecnica è stata effettuata una prova sismica passiva HVSR ed una attiva con estendimento MASW.

- In base ai risultati ottenuti nei primi trenta metri di profondità, seguendo l'approccio semplificato (in alternativa agli studi di risposta sismica locale che rappresentano l'approccio rigoroso), il suolo di fondazione dell'area in oggetto, è classificato come di categoria **C**.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

▪ Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Montelupone, 15 settembre 2020

IL GEOLOGO

Dott. Paolo Giacomelli

Geologo Dott. Paolo Giacomelli
Via Basily, 10 Macerata 349.4753342

Committente:
Amministrazione Comunale

Terraqua sas di Paolo Giacomelli

Terraqua Sas - viale Piave 64 - 62100 Macerata

email: terraqua@pec.it

Tel 349.4753342

Indagine sismica settembre 2020

INDAGINE GEOFISICA PER REALIZZAZIONE NUOVI SPOGLIATOI NEL CENTRO SPORTIVO DI MONTELUPONE

PREMESSA

Scopo delle indagine sismica è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro V_{seq} (velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità) nel rispetto di: *O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni*; e *D.M. 22/02/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)*. L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di a_g (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

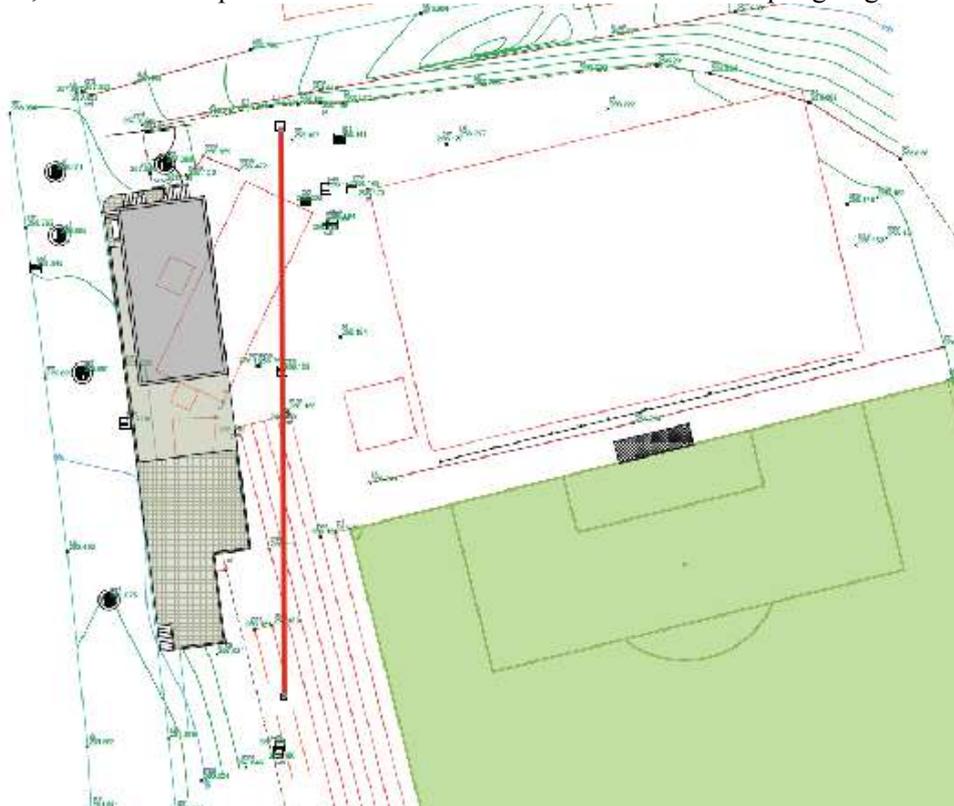


Fig.1 Ubicazione prova Masw

CENNI SULLA METODOLOGIA MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza dei geofoni posti lungo uno stendimento. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di

Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali, mentre le onde a bassa frequenza raggiungono gli strati più profondi. Il metodo utilizzato nell'indagine è *attivo* e consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz fornendo informazioni sulla parte più superficiale del suolo. Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di geofoni. La metodologia MASW non è influenzata dai fenomeni di inversione di velocità o presenza di falde acquifere superficiali consentendo di individuare il profilo di velocità Vs anche in presenza di contrasti di rigidità tra gli strati del suolo. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. La metodologia di *processing* più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh VR, determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione: $VR(f) = 2\pi f/k$. Riportando le coppie di valori (VR,f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto iterativamente variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica).

N. battuta end1 Componente ZVF verticale

Numero di sensori utilizzati:24 Durata di registrazione:2000 ms

Passo di campionamento: 125 µs Frequenza campionamento 4000 Hz

Calcolo Vs eq = 342 m/sec

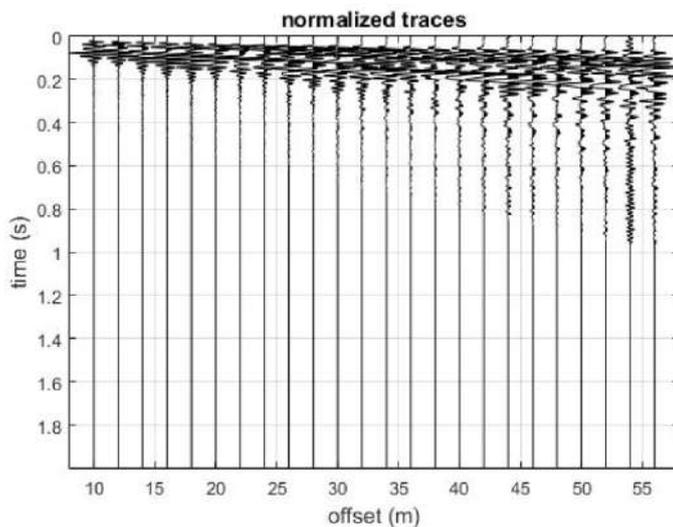
N. battuta end1 Componente ZVF verticale

Numero di sensori utilizzati:24 Durata di registrazione:2000 ms

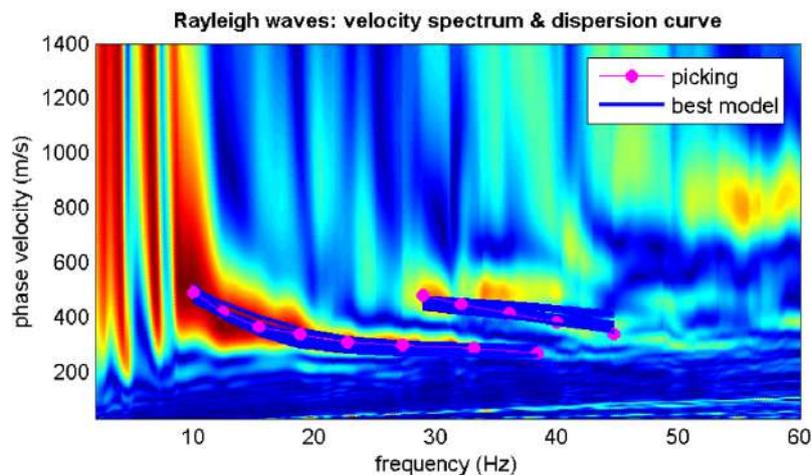
Passo di campionamento: 125 µs Frequenza campionamento 8000 Hz

DATI TECNICI RAYLEIGH componente ZVF	
STRUMENTAZIONE:	DOLANG geophysical (modello JEA 247 E500 Telemetry System 12 bitwaterproof, IP67) ad accumulabilità di impulsi. La registrazione dei sismogrammi avviene in forma digitale.
GEOFONI:	A componente verticale con frequenza 4.5 Hz.
LUNGHEZZA STENDIMENTO:	Stendimento rettilineo MASW da 60.0 metri diretto lungo la stessa quota.
SPAZIATURA INTERGEOFONICA:	2.5 metri.
TIPO DI ENERGIZZAZIONE:	Massa battente da 10 Kg.
MODALITA' DI ENERGIZZAZIONE:	1 colpo a 5.0 m dal geofono 24.
INIZIO REGISTRAZIONE:	Il segnale di inizio registrazione, viene inviato allo strumento nel momento dell'energizzazione da un sensore (trigger) posto sulla massa battente.

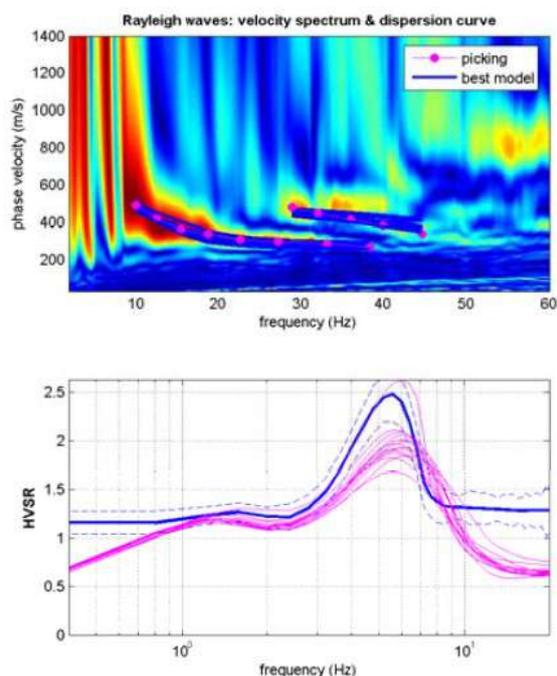
Sismogrammi



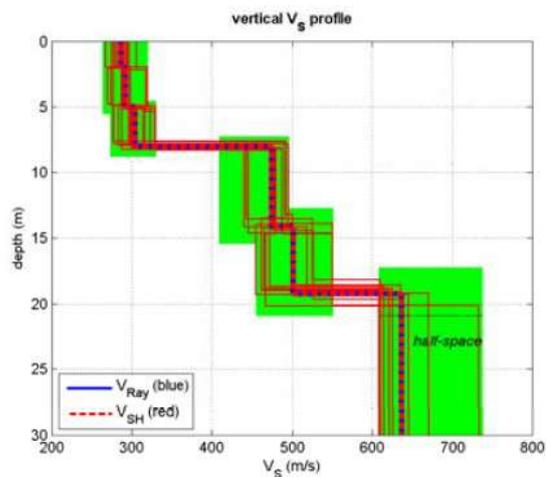
Curva di dispersione



Inversione



www.winmasw.com



Fase massima e minima

Best HVSR model (minimum misfit with respect to HVSR)

V_S (m/s): 286, 292, 283, 475, 465, 626

Thickness (m): 2.0, 2.8, 3.1, 6.3, 4.6

Calcolo V_S 30 = 342 m/sec

Geologo responsabile

Paolo Giacomelli

Terraqua sas

Terraqua Sas – viale Piave 64 – 62100 Macerata

email: terraqua@pec.it

Tel 349.4753342

Indagine sismica novembre 2019

Indagine HVSR – Montelupone campo sportivo

La presente indagine ha lo scopo di eseguire una misura sismica passiva HVSR (horizontal to vertical spectral ratio) per la valutazione della frequenza caratteristica di sito mediante l'acquisizione di rumore sismico.

Tale indagine geofisica si basa sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto H/V. La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è una prospezione geofisica non invasiva, molto rapida e applicabile ovunque senza la necessità di perforazione né di energizzazioni esterne; essa si basa, difatti, sulla misura del "rumore sismico ambientale", chiamato anche microtremore (poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro), ovunque presente sulla superficie terrestre.

Tale indagine permette di ricavare:

- **frequenza caratteristica di risonanza del sito**, rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosa per la stabilità degli stessi in caso di sisma;
- **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, quando la misura viene effettuata all'interno dello stesso. Tale misura risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- **velocità media delle onde di taglio $V_{s_{eq}}$ o $V_{s_{30}}$** , calcolata tramite un apposito codice di calcolo. Tuttavia è necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato, utilizzare il dato HVSR per elaborazione congiunta con indagini sismiche attive o essere in possesso di specifiche tarature stratigrafiche (conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia e riconoscibile nella curva H/V). E' possibile calcolare la velocità equivalente ($V_{s_{eq}}$) e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 17/01/18;

Caratteristiche della strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tomografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (SARA GEOBOX 3CH 24 bit – SS45PACK, Sara electronic instruments s.r.l) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri), da 4,5 Hz, orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di **campionamento di 300 Hz**, per un tempo di **20 minuti**. La misura è stata eseguita su una stazione curando un adeguato orientamento e accoppiamento della stazione con la superficie.

Analisi dei dati per stazioni singole H/V

L'analisi e l'elaborazione del rumore sismico registrato è stata eseguita mediante il software GeoExplorer HVSR 2.2.1, prodotto e sviluppato dalla Sara Electronic Instruments s.r.l..

Dalla registrazione del rumore ambientale in campagna si ricava la curva H/V secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005):

- larghezza finestre d'analisi di 20s;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale e $b=10\%$;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

L'elaborazione ha permesso di ottenere la curva H/V caratteristica del sito in esame per la determinazione delle frequenze di sito secondo le linee guida del Progetto Sesame (Site Effects Assessment Using Ambient Excitations, 2005).

Nel caso specifico si sono attestate le seguenti frequenze caratteristiche di risonanza del sito:

20,104 ± 3,112 Hz (in un range 0.2 – 60,0 Hz) con ampiezza del picco H/V = 5,190

Sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare una struttura con frequenze fondamentali di oscillazione lontane (per un fattore di almeno 1.4) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

E' da tenere presente che le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono principalmente dalla loro altezza. Nel seguente grafico è schematizzata, per edifici standard in c.a., la relazione esistente tra l'altezza della struttura e il primo modo vibrazionale.

Nel grafico a lato si osserva che le frequenze superiori ai 10-12 Hz non interagiscono con i fabbricati civili e, pertanto, possono essere considerate dal punto di vista ingegneristico non significative, mentre, frequenze fondamentali di risonanza del terreno inferiori a 10-12 Hz, interagiscono con quelle dei fabbricati in modo inversamente proporzionale all'altezza, negli edifici multi-piano le frequenze fondamentali risultano progressivamente più basse.

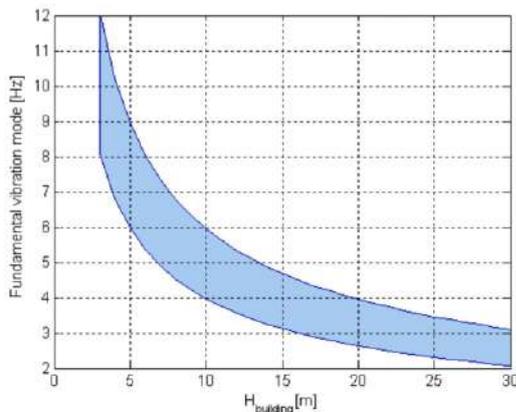


Fig. 1 Relazione tipica tra la frequenza di primo modo flessionale di vibrare ed altezza di una struttura (da S. Castellaro 2008)

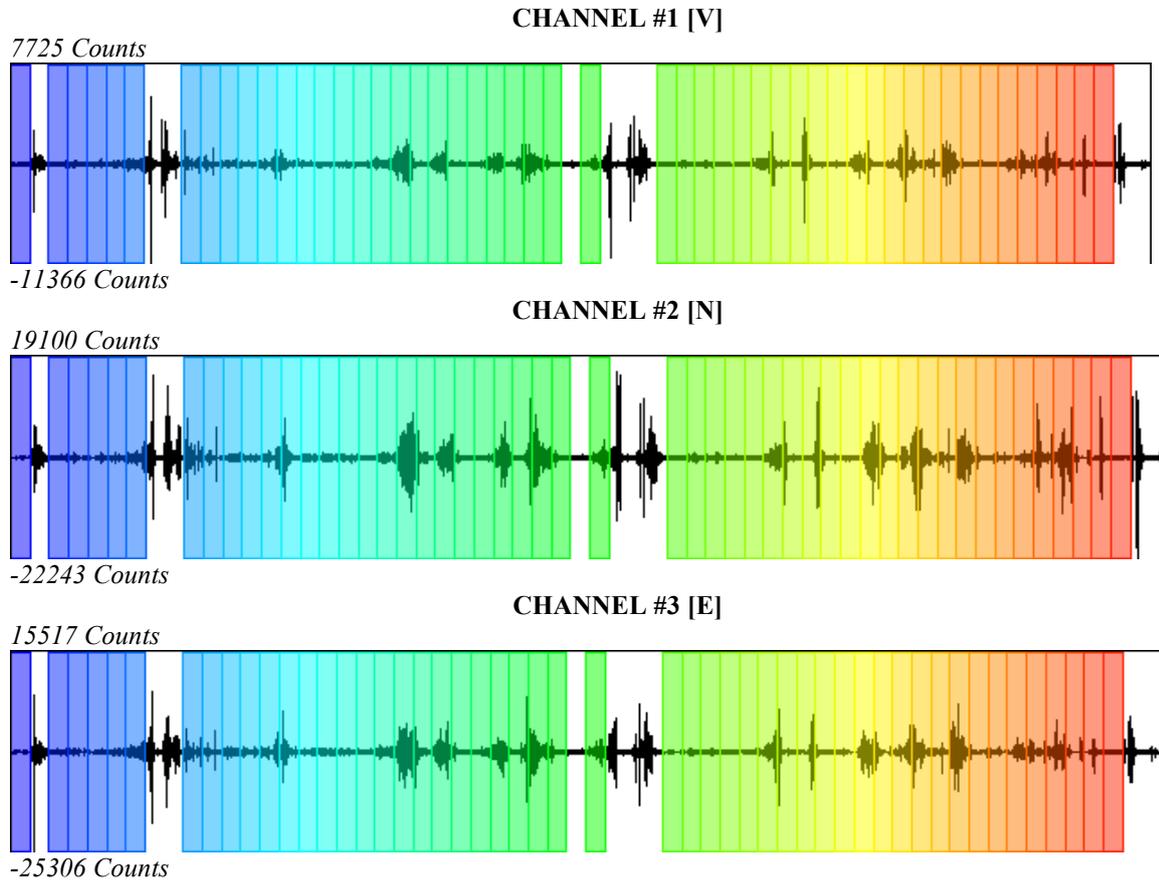


Esecuzione prova HVSR.

Prova HVSr 1

SIGNAL AND WINDOWING

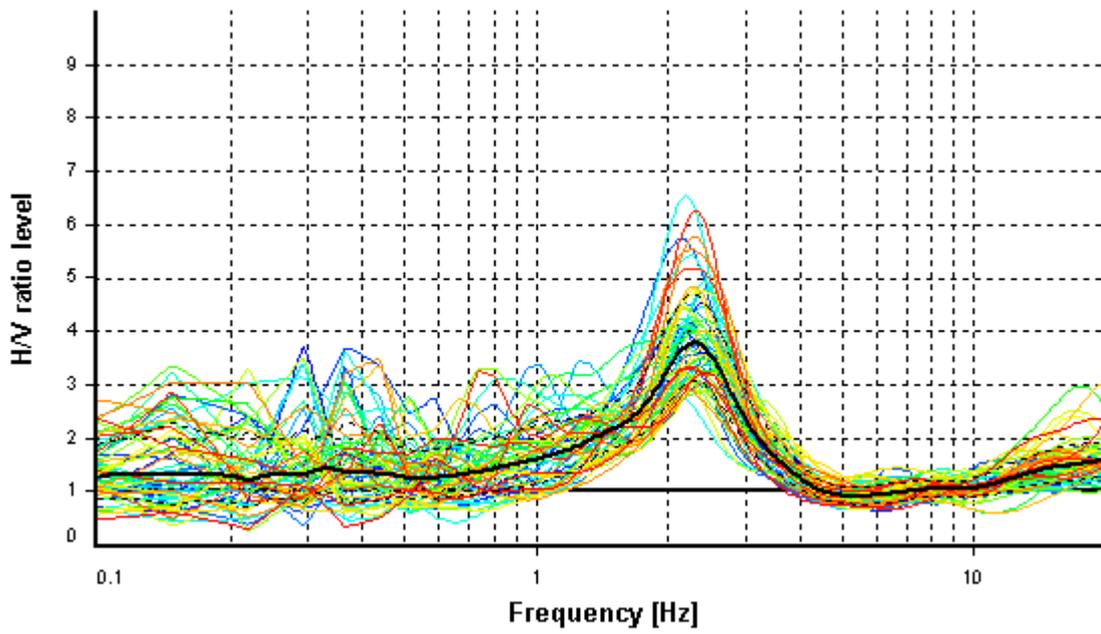
Sampling frequency: 300 Hz Recording start time: 2019/02/15 13:41:54 Recording length: 20 min Windows count: 51 Average windows length: 20 Signal coverage: 85.01%



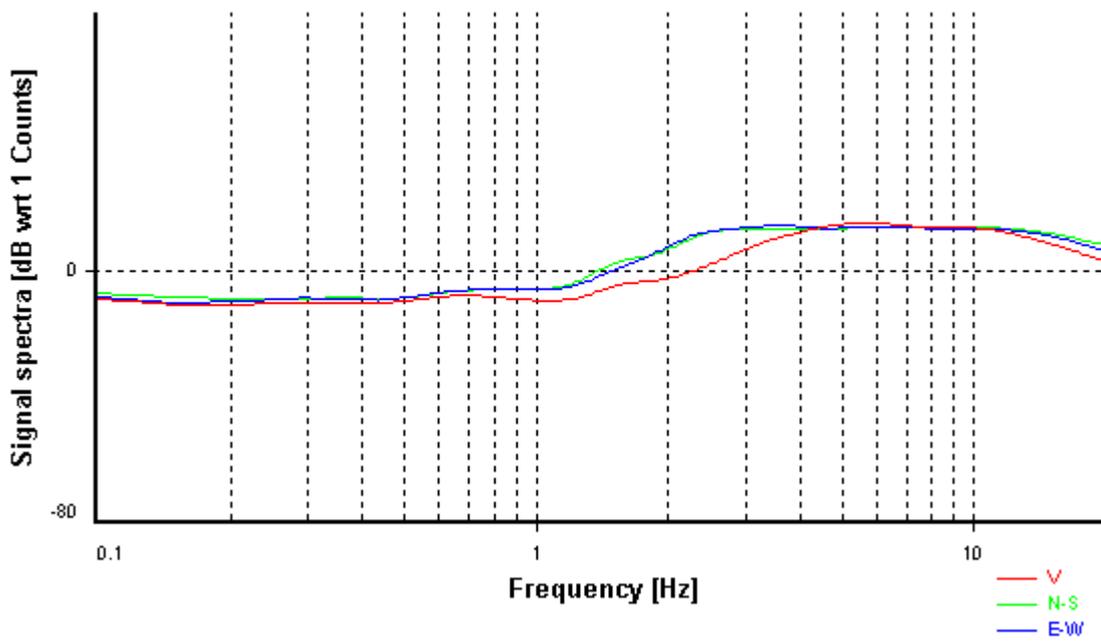
HVSr ANALYSIS

Tapering: Enabled (Bandwidth = 10%)
Smoothing: Proportional triangular (Bandwidth coefficient = 15)
Instrumental correction: Disabled

HVSr average

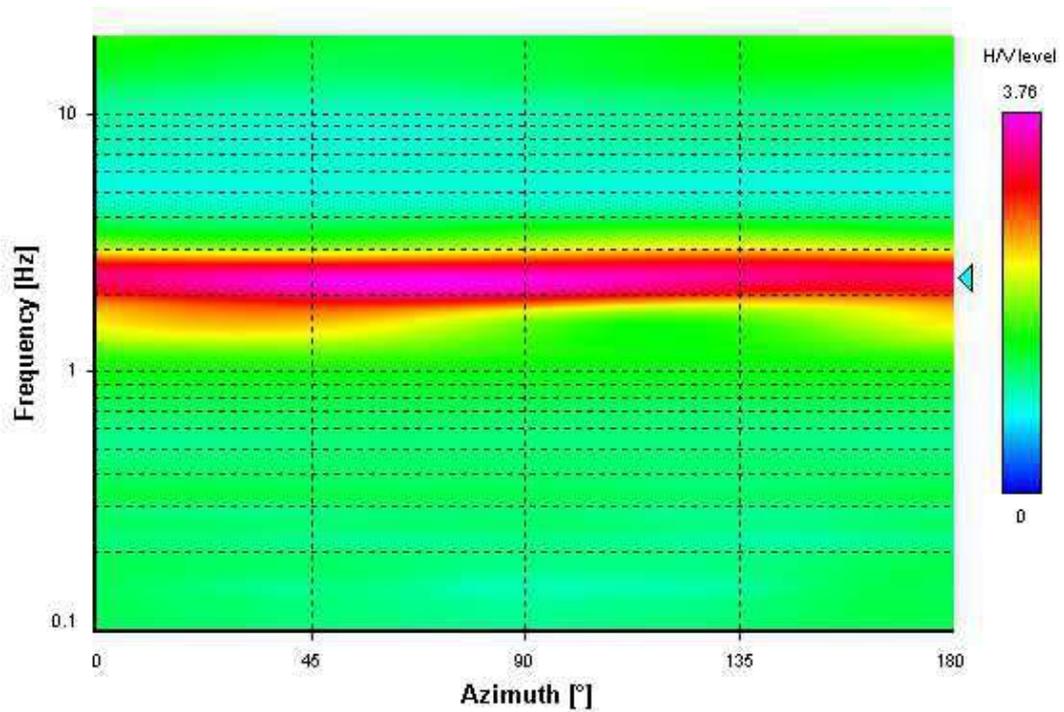
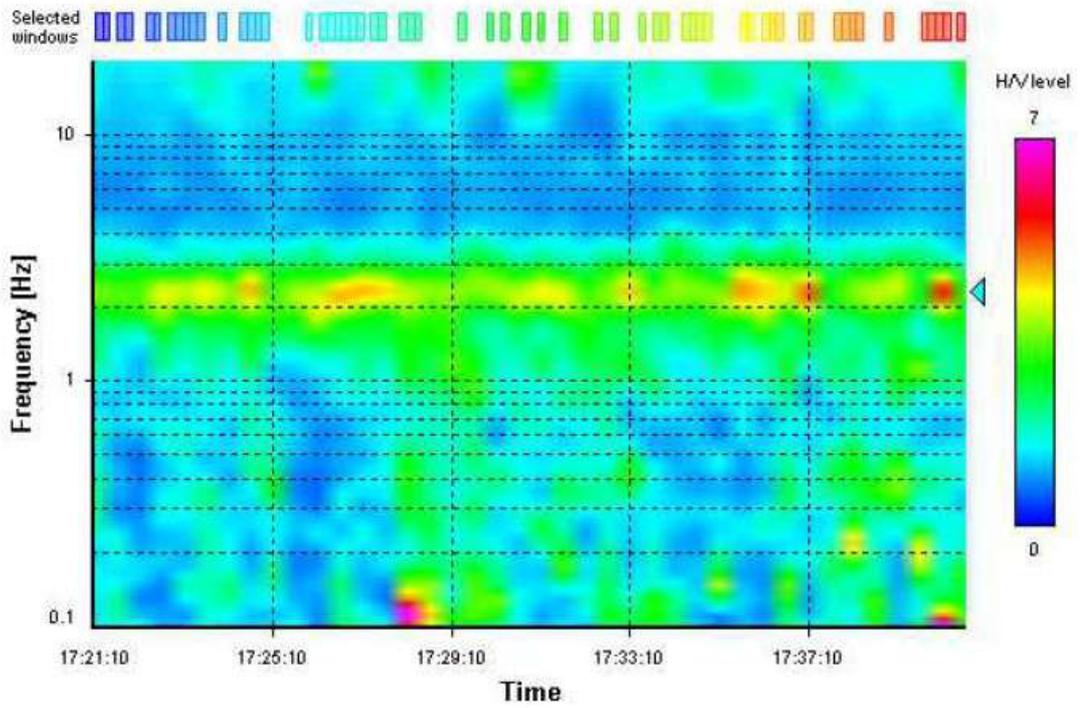


Signal spectra average



HVSR time-frequency analysis (5 seconds windows)

HVSR time-frequency analysis (30 seconds windows)



HVSR di

rectional analysis

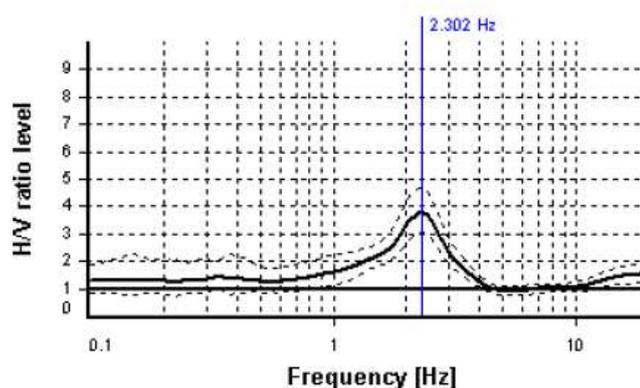
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency

2.302 Hz

A_0 amplitude = 3.782

Average $f_0 = 2.299 \pm 0.134$



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	51 valid windows (length > 0.53 s) out of 51	OK
$n_c(f_0) > 200$	19275.77 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 65	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	11.80318 Hz	OK
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	30.91117 Hz	OK
$A_0 > 2$	5.19 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	2.16% \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	3.1119 \geq 0.94489	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.46874 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling

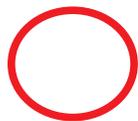
Macerata, settembre 2020

il geologo

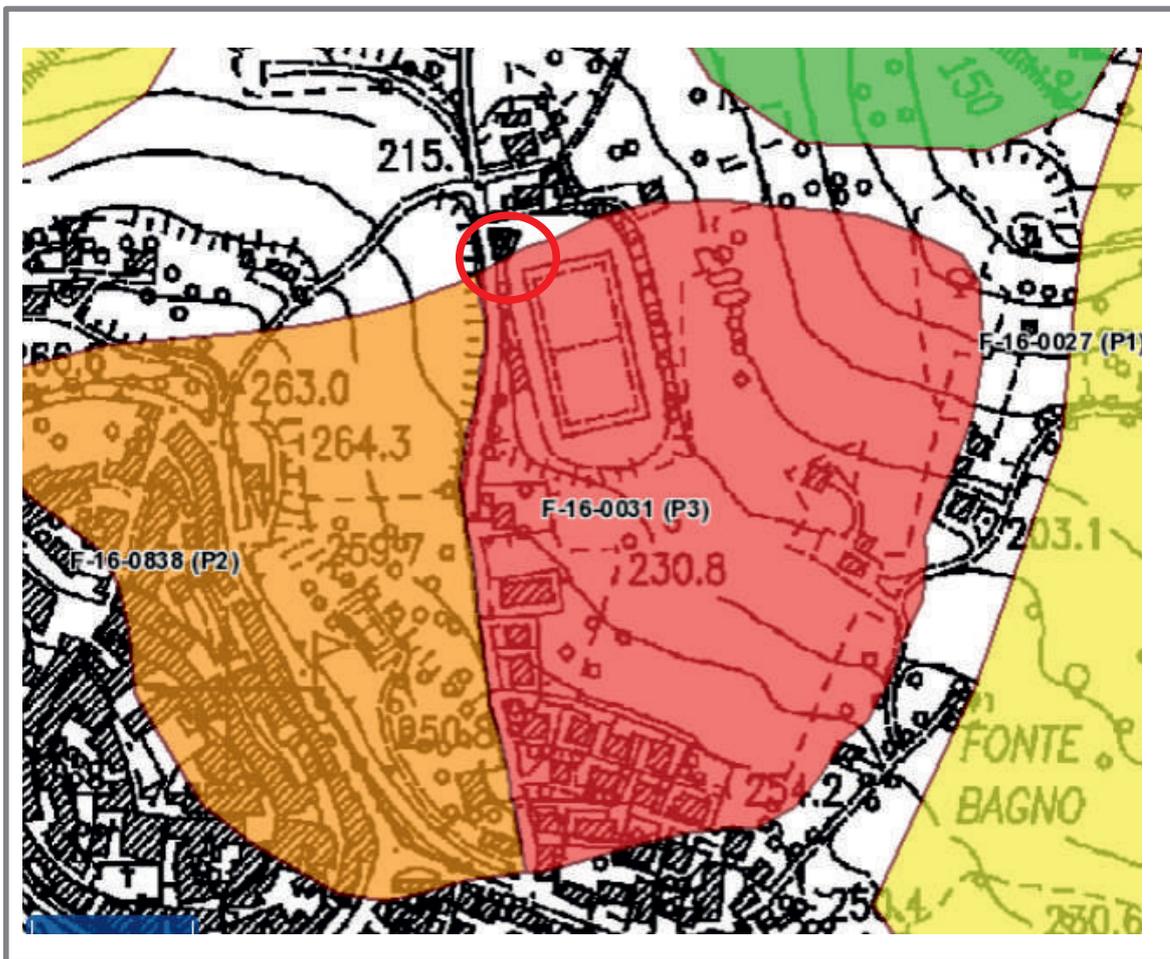
Paolo Giacomelli

Stralcio cartografia PAI Regionale

Tav. RI46c



Ubicazione area di indagine



PAI

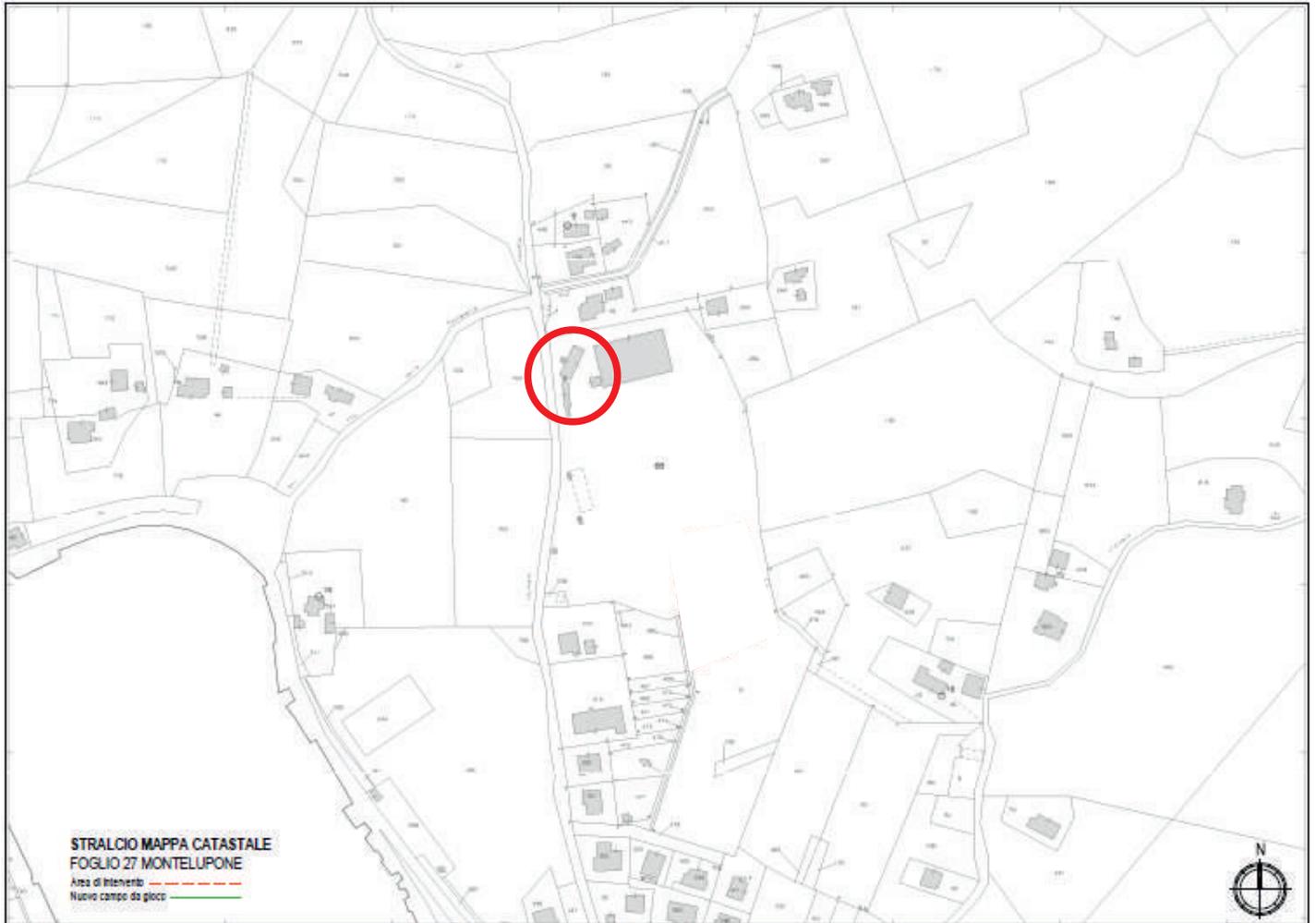
ESONDAZIONI-PAI

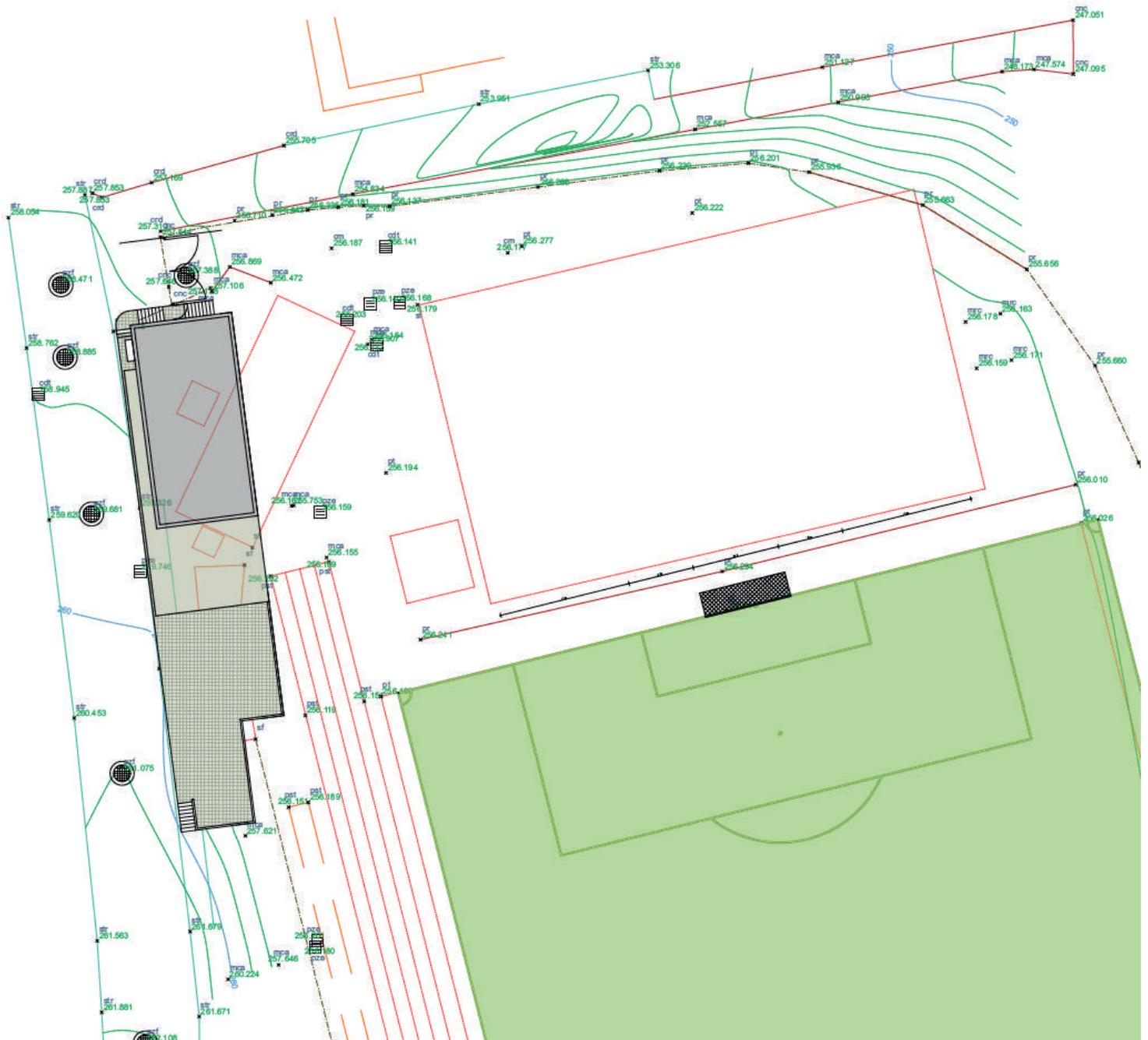


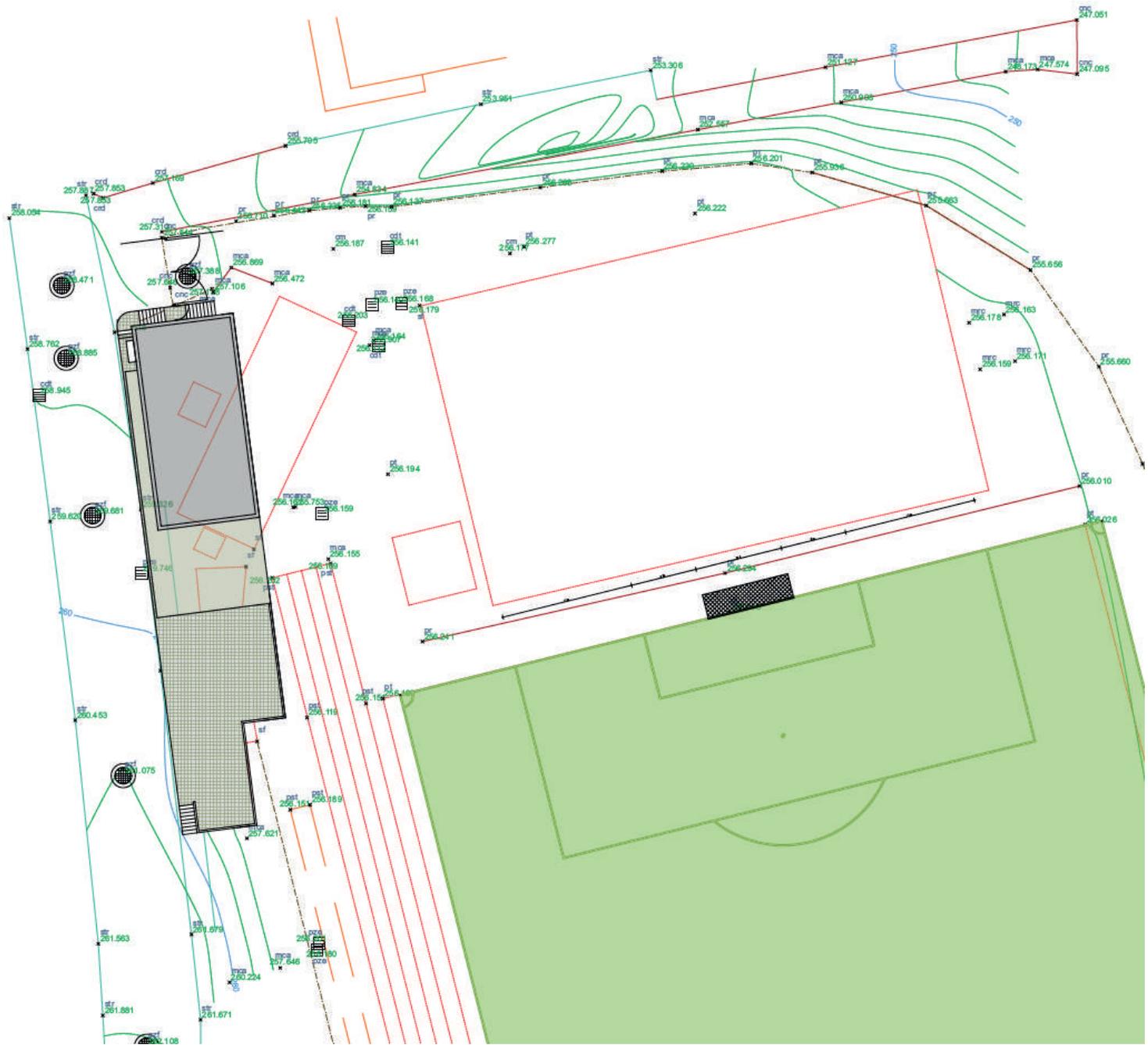
FRANE-PAI



Stralcio Catastale







COMUNE: Montelupone

LOCALITA': Area Campo Sportivo

COMMITTENTE: Amm.Comunale

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Paolo Giacomelli

Via De Gasperi 19 - Porto Recanati
Telefono 349.4753342

SONDAGGIO

S1 (360)

05- 11 - 2019

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rp. (kg,cmq)	Rs. (kg,cmq)				
	p.c.	parz.							
1,0			Terreno vegetale. Limo argilloso bruno.						
1,2	1,2	1,2		3					
2,0			Limo argilloso color bruno marroncino, debolmente umido e di media plasticità. Da mt 2,5 colore marrone e da mt 3,5 colore marrone chiaro con venature biancastre. .	3,5		SPT a -3,0 mt <table border="1"> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>5</td></tr> <tr><td>6</td></tr> </table>	4	5	6
4									
5									
6									
3,0			<i>Coltre colluviale medio fina.</i>	4,0					
4,0				4,5					
5,5	4,3	5,5		2,0					
6,0			Limo argilloso marrone chiaro e ocreo, plastico. <i>Coltre colluviale medio fina.</i>	2,5					
7,0				2,5					
8,0				2,5					
8,7	3,3	8,7		2,5					
9,0			Argilla limosa marrone ocrea. plastica e satura.	2,5					
10,0				3,0					
11,0				1,5/2,0					
11,3	3,5	11,3	Limo sabbioso marrone chiaro ed ocreo con puntature calcaree, saturo e molle.						
11,7	0,5	11,7							
12,0			Sabbie con livelli circolari centimetrici; presenza idrica tra mt 11,70 e 12,50. Controlli sparsi anche centimetrici fino a circa 12,50 mt.						
13,0									
13,3	7,1	13,3	Da mt 13 sabbie color giallo chiaro, con sporadici elementi calcarei medio fini.						
14,0			<i>Coltre colluviale medio grossolana.</i>						
15,0									
16,0	16,0	16,0							
17,0									
18,0									
19,0									
20,0									

Rp = resistenza penetrometrica
Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati
H = manifestazioni idriche

NOTE = Foro asciutto a fine sondaggio. Modesta presenza idrica a mt 11,50 circa.
Interrotto il sondaggio per chiusura pareti di foro da mt 12 e impossibilità di avanzamento

COMUNE : MONTELUPONE

LOCALITA' : Str. Delle Fontanelle

COMMITTENTE : BERNABEI ADRIANO

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Paolo Giacomelli

Via Piave, 64 62100 Macerata
telefono 0733/233070 349/4753342

SONDAGGIO

1

23 - 03 - 2015

STRATIGRAFIA	QUOTE		LITOLOGIA	Rp. (kg/cmq)	SPT colpi/15 cm	OSSERVAZIONI
	p.c.	parz.				
0,0	0,2	0,2	Asfalto e soletta in cls.			
1,0			Limo argilloso e sabbioso con inclusi vari. Riporto, Asciutto e compatto			
2,0	1,5	1,3	Limo debolmente argilloso, color grigiastro marroncino, con tracce di ossidazione e frustoli vegetali. Asciutto e mediamente consistente. Coltre colluviale.	4		
3,0				4,5		
4,0	3,3	1,8		4,2		
5,0			Limo argilloso color marroncino con venature grigie e tracce di ossidazione. Media consistenza e plasticità. Coltre colluviale.	4,5		
6,0				4		
7,0				4		
8,0				4,5		
9,0	8,5	5,2		5,5		
10,0			Limo debolmente argilloso e debolmente sabbioso, con venature grigie ossidate. Compatto ed asciutto.	6		
11,0			A m 10,5-10,7 parec suolo nerastro, compatto ed asciutto.	6		
12,0	11,6	3,1		>6		
13,0			Limo, di color grigio, debolmente sabbioso, compatto ed asciutto. Localmente leggermente argilloso, compatto ed asciutto.	>6		
14,0	13,8	2,2		>6		
15,0	14,5	0,7	Limo sabbioso, ocreo, compatto ed asciutto. Colluvioni.			
16,0	15,5		Sabbie giallastre, inglobanti ciottoli calcarei sparsi, con debole percolazione idrica. Substrato sabbioso.			

Rp = resistenza penetrometrica

Rs = resistenza scissometrica

C = campioni prelevati

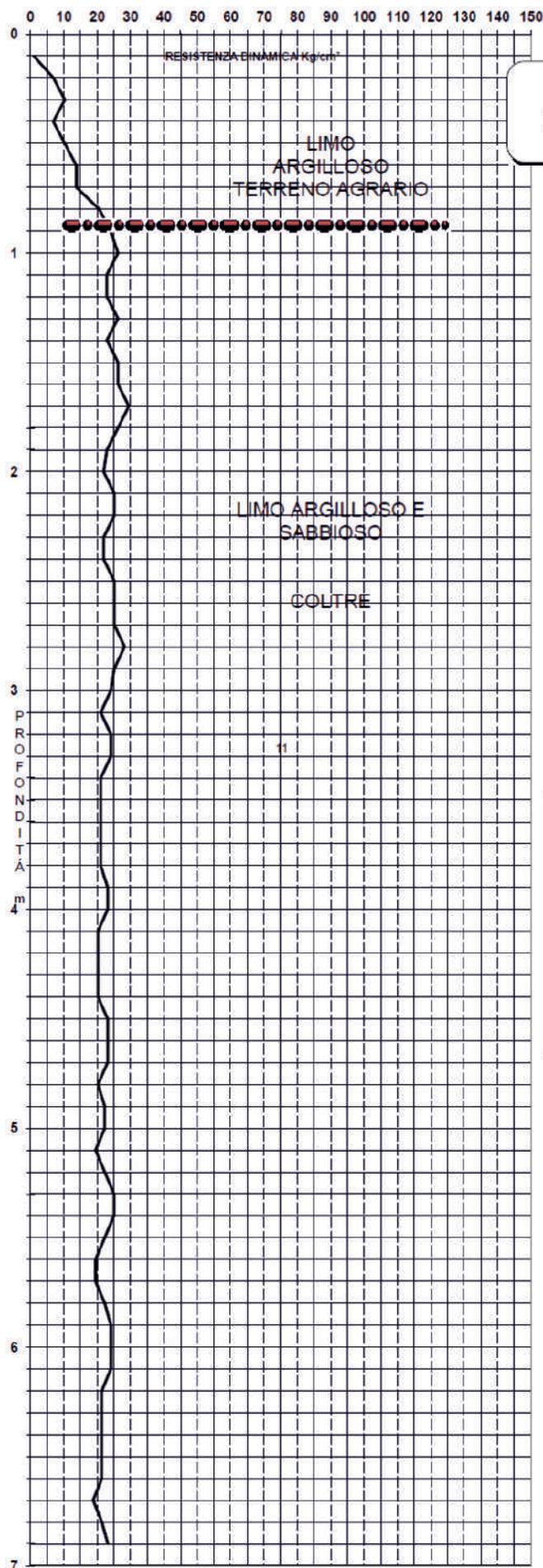
H = manifestazioni idriche

NOTE = foro asciutto a fine sondaggio, percolazione idrica modesta a m 8,5

LOCALITÀ: MONTELUPONE
 Campo Sportivo
 COMMITTENTE: Amministrazione comunale

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Profondità	N	RDP	ϕ'	Cu	E
0,1	2	1,0		0,0	2
0,2	2	6,9		0,3	14
0,3	3	10,3		0,5	21
0,4	2	6,9		0,3	14
0,5	3	10,3		0,5	21
0,6	4	13,7		0,7	27
0,7	4	13,7		0,7	27
0,8	6	20,6		1,0	41
0,9	7	24,0		1,1	48
1,0	8	26,2		1,2	52
1,1	7	23,0		1,1	46
1,2	7	23,0		1,1	46
1,3	8	26,2		1,2	52
1,4	7	23,0		1,1	46
1,5	8	26,2		1,2	52
1,6	8	26,2		1,2	52
1,7	9	29,5		1,4	59
1,8	8	26,2		1,2	52
1,9	7	23,0		1,1	46
2,0	7	22,0		1,0	44
2,1	8	25,1		1,2	50
2,2	8	25,1		1,2	50
2,3	7	22,0		1,0	44
2,4	7	22,0		1,0	44
2,5	8	25,1		1,2	50
2,6	8	25,1		1,2	50
2,7	8	25,1		1,2	50
2,8	9	28,2		1,3	56
2,9	8	25,1		1,2	50
3,0	8	24,1		1,1	48
3,1	7	21,1		1,0	42
3,2	7	21,1		1,0	42
3,3	8	24,1		1,1	48
3,4	8	24,1		1,1	48
3,5	7	21,1		1,0	42
3,6	7	21,1		1,0	42
3,7	7	21,1		1,0	42
3,8	7	21,1		1,0	42
3,9	7	21,1		1,0	42
4,0	8	23,1		1,1	46
4,1	8	23,1		1,1	46
4,2	7	20,2		1,0	40
4,3	7	20,2		1,0	40
4,4	7	20,2		1,0	40
4,5	7	20,2		1,0	40
4,6	8	23,1		1,1	46
4,7	8	23,1		1,1	46
4,8	8	23,1		1,1	46
4,9	7	20,2		1,0	40
5,0	8	22,3		1,1	
5,1	8	22,3		1,1	45
5,2	7	19,5		0,9	39
5,3	8	22,3		1,1	45
5,4	9	25,0		1,2	50
5,5	9	25,0		1,2	50
5,6	8	22,3		1,1	45
5,7	7	19,5		0,9	39
5,8	7	19,5		0,9	39
5,9	8	22,3		1,1	45
6,0	9	24,1		1,1	48
6,1	9	24,1		1,1	48
6,2	9	24,1		1,1	48
6,3	8	21,4		1,0	43
6,4	8	21,4		1,0	43
6,5	8	21,4		1,0	43
6,6	8	21,4		1,0	43
6,7	8	21,4		1,0	43
6,8	7	18,8		0,9	38
6,9	8	21,4		1,0	43
7,0	9	23,3		1,1	



n° 1

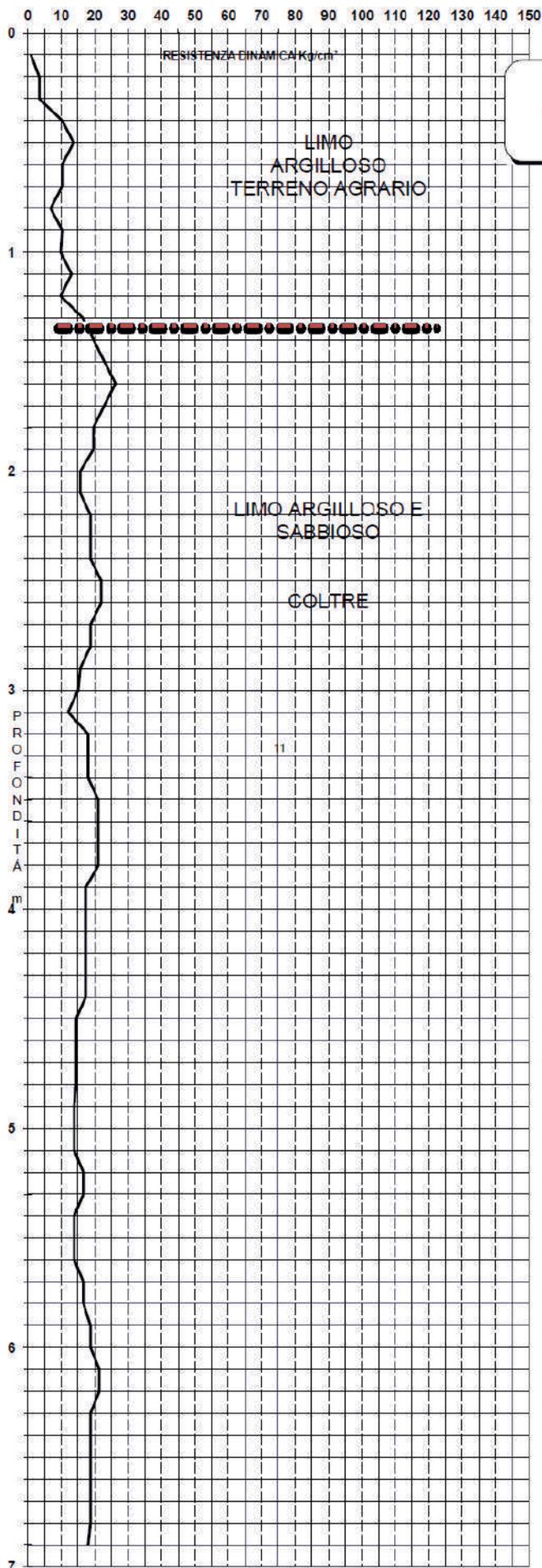
valori di resistenza in Kg/cm²

parametri di correlazione: Cu = 21; E = 2.

LOCALITA': MONTE LUPONE
 Campo Sportivo
 COMMITTENTE: Amministrazione comunale

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Profondità	N	RDP	ϕ'	Cu	E
0,1	1	1,0		0,0	2
0,2	1	3,4		0,2	7
0,3	1	3,4		0,2	7
0,4	3	10,3		0,5	21
0,5	4	13,7		0,7	27
0,6	3	10,3		0,5	21
0,7	3	10,3		0,5	21
0,8	2	6,9		0,3	14
0,9	3	10,3		0,5	21
1,0	3	9,8		0,5	20
1,1	4	13,1		0,6	26
1,2	3	9,8		0,5	20
1,3	5	16,4		0,8	33
1,4	6	19,7		0,9	39
1,5	7	23,0		1,1	46
1,6	8	26,2		1,2	52
1,7	7	23,0		1,1	46
1,8	6	19,7		0,9	39
1,9	6	19,7		0,9	39
2,0	5	15,7		0,7	31
2,1	5	15,7		0,7	31
2,2	6	18,8		0,9	38
2,3	6	18,8		0,9	38
2,4	6	18,8		0,9	38
2,5	7	22,0		1,0	44
2,6	7	22,0		1,0	44
2,7	6	18,8		0,9	38
2,8	6	18,8		0,9	38
2,9	5	15,7		0,7	31
3,0	5	15,1		0,7	30
3,1	4	12,0		0,6	24
3,2	5	15,1		0,7	30
3,3	6	18,1		0,9	36
3,4	6	18,1		0,9	36
3,5	6	18,1		0,9	36
3,6	7	21,1		1,0	42
3,7	7	21,1		1,0	42
3,8	7	21,1		1,0	42
3,9	7	21,1		1,0	42
4,0	6	17,3		0,8	35
4,1	6	17,3		0,8	35
4,2	6	17,3		0,8	35
4,3	6	17,3		0,8	35
4,4	6	17,3		0,8	35
4,5	6	17,3		0,8	35
4,6	5	14,5		0,7	29
4,7	5	14,5		0,7	29
4,8	5	14,5		0,7	29
4,9	5	14,5		0,7	29
5,0	5	13,9		0,7	28
5,1	5	13,9		0,7	28
5,2	5	13,9		0,7	28
5,3	6	16,7		0,8	33
5,4	6	16,7		0,8	33
5,5	5	13,9		0,7	28
5,6	5	13,9		0,7	28
5,7	5	13,9		0,7	28
5,8	6	16,7		0,8	33
5,9	6	16,7		0,8	33
6,0	7	18,8		0,9	38
6,1	7	18,8		0,9	38
6,2	8	21,4		1,0	43
6,3	8	21,4		1,0	43
6,4	7	18,8		0,9	38
6,5	7	18,8		0,9	38
6,6	7	18,8		0,9	38
6,7	7	18,8		0,9	38
6,8	7	18,8		0,9	38
6,9	7	18,8		0,9	38
7,0	7	18,1		0,9	38



n° 2

valori di resistenza in Kg/ cm²

parametri di correlazione: Cu = 21; E = 2.