



REGIONE MOLISE

COMUNE DI ISERNIA

- PROVINCIA DI ISERNIA -



GEO STUDI

DOTT. GEOL. EMILIO SANTOMARCO
DOTT. GEOL. ROBERTO FORTE

SEDE OPERATIVA: VIA DEI MULINI, 7/A VENAFRO (IS)
TEL. 339.8336394 - 329.5866037
EMAIL: emilio.santomarco@tin.it
robertoforte.geo@gmail.com
geostudi@email.it

**PROGETTI E CONSULENZE DI : GEOLOGIA - IDROGEOLOGIA - GEOTECNICA - GEOFISICA.
ESECUZIONE DI SONDAGGI GEOGNOSTICI E PENETROMETRICI - PROSPEZIONI SISMICHE: MASW -
RIFRAZIONI - DOWNHOLE - RIFLESSIONI - MICROTREMORI HVSR - GEORADAR -**

RELAZIONE GEOLOGICA

***“Lavori di realizzazione di una mini centrale idroelettrica
sull’acquedotto comunale”***



Dott. Geol. Emilio Santomarco

Emilio Santomarco

data

Aprile 2019

Il contenuto dell'elaborato resta di proprietà del Geologo e, pertanto, ne sono vietati il plagio, la riproduzione, anche se parziale, e la sua generalizzazione ad altre aree, anche se limitrofe. L'elaborato non può essere utilizzato per scopi diversi da quello per cui è stato redatto (art. 9 - D.M. 18/11/71)

INDICE

- 01. INTRODUZIONE.**
- 02. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.**
- 03. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.**
- 04. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**
- 05. IDROGEOLOGIA.**
- 06. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.**
- 07. INQUADRAMENTO SISMICO.**
- 08. INDAGINE GEORADAR.**
- 09. VALUTAZIONI DI SINTESI.**

ALLEGATI

- **ESTRATTO CARTA TECNICA REGIONALE e UBICAZIONE AREA INVESTIGATA.**
- **ESTRATTO PSAI-RF ex AUTORITA' BACINO F. VOLTURNO.**
- **ESTRATTO CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA REGIONE MOLISE.**
- **ESTRATTO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.**
- **ESTRATTO CARTA GEOLOGICO-TECNICA.**
- **QUADERNO INDAGINI:**
 - **PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE.**
 - **PROVE PENETROMETRICHE SPT.**
 - **INDAGINE GEORADAR.**

01. INTRODUZIONE.

Il sottoscritto Dott. Emilio Santomarco, Geologo iscritto all'Albo Regionale dei Geologi della Regione Molise con il numero di riferimento n° 156, su incarico dell'Amministrazione Comunale di Isernia, ha redatto la seguente Relazione Geologica in merito ai "Lavori di realizzazione di una mini centrale idroelettrica sull'acquedotto comunale" del Comune di Isernia (IS).

Il presente studio ha avuto lo scopo di:

-) ricostruire la situazione litostratigrafica locale (natura dei litotipi presenti, successione stratigrafica);
-) individuare i lineamenti geomorfologici di zona;
-) definire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
-) individuare i processi geomorfologici e i dissesti in atto e/o potenziali;

Gli studi e il rilevamento eseguito sono stati finalizzati all'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici che governano la stabilità dell'area e ne influenzano la risposta sismica locale.

Data la situazione stratigrafica locale, al fine di caratterizzare geotecnicamente e sismicamente i terreni e definire lo spessore degli stessi sono state eseguite:

- n.1 prospezione sismica di tipo MASW;
- n.2 prove penetrometriche dinamiche SPT DM30;
- indagine georadar.

L'ubicazione e risultanze delle indagini è riportata in allegato nel quaderno delle indagini.

02. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.

La presente relazione di carattere geologico e geotecnico, è redatta in ottemperanza alla:

- Legge Regionale del Molise del 06.06.1996 n.° 20 che stabilisce le nuove norme per lo snellimento delle procedure di cui alla lg. 02.02.1974 n° 64 della lg 10.12.1981 n° 741;
- D.M 17.01.2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- Delibera n.194 del 20.09.2006 della Giunta Regionale del Molise "Riclassificazione sismica del territorio Regionale;
- OPCM 3519 del 28.04.2006: "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- OPCM 3274 del 20.03.2003 recante i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

03. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.

L'area d'intervento ricade all'interno del territorio comunale di Isernia, lungo la Strada Statale n.17 ad una quota di circa 460 m s.l.m.

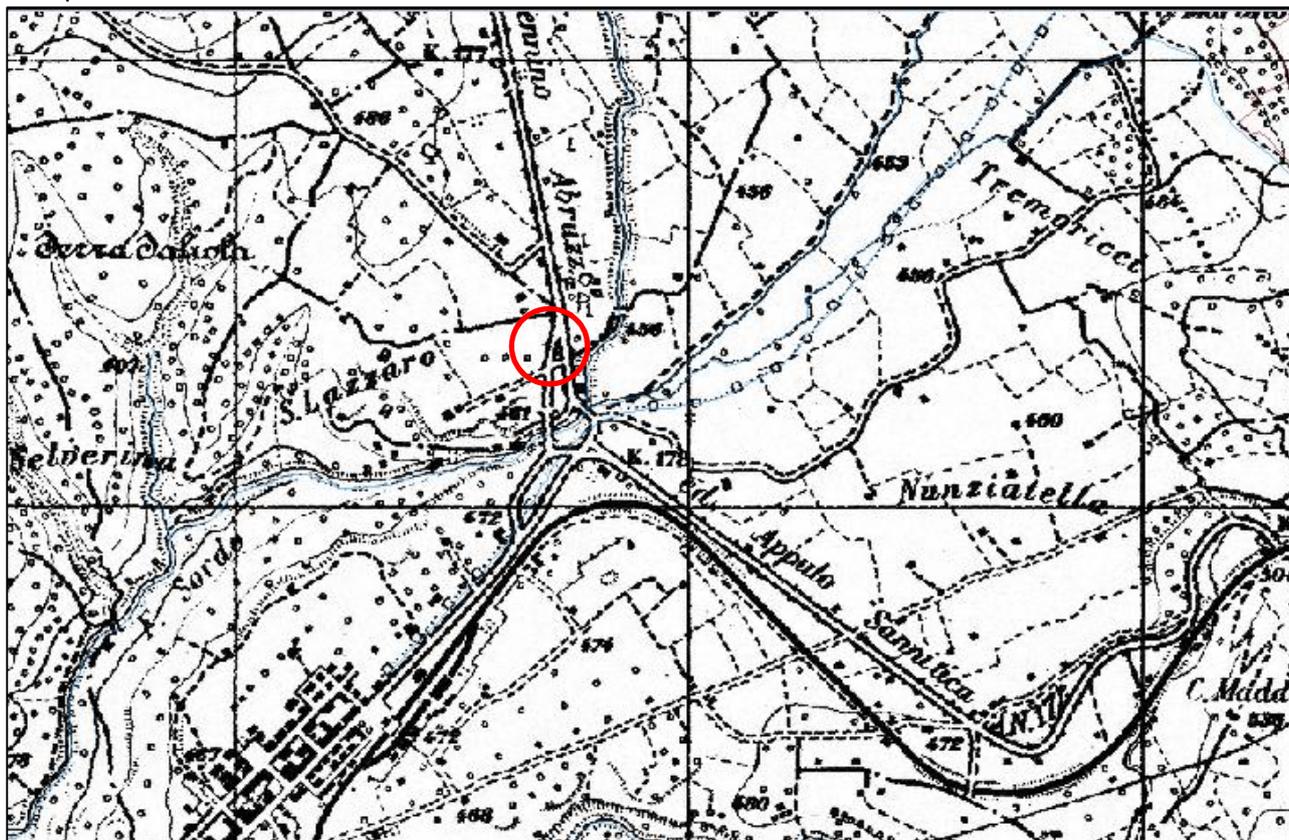


Fig. 1 Inquadramento geografico dell'area d'intervento (IGM scala 1:10:000).

Il territorio comunale di Isernia, è caratterizzato da una forma allineata in direzione N-S, e da una morfologia, in termini di area vasta, eterogenea, riconducibili all'ambiente collinare nella parte centrale ed all'ambiente di alta collina - montano nelle zone di confine.

L'area in intervento è ubicata all'inizio del quartiere di San Lazzaro mentre il centro abitato è ubicato in corrispondenza di un crinale compreso tra le sponde del Fiume Carpino e del Fiume Sordo, stretto nella sua parte meridionale e che tende ad allargarsi a Nord in prossimità de Le Piane ed è caratterizzato da pendenze modeste che le conferiscono il tipico assetto urbanistico dei centri collinari.

La morfologia del territorio è riconducibile a diversi motivi quali l'assetto giaciturale dei terreni affioranti, la loro composizione litologica e le relative caratteristiche idrauliche, mostra un'ampia diversità di forme.

L'analisi di quanto riportato nel Progetto IFFI (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2007). IFFI – Inventario dei fenomeni franosi in Italia. **Fig. 2**) ha evidenziato, nell'area d'intervento e per quanto riguarda i fenomeni gravitativi di versante, **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività.

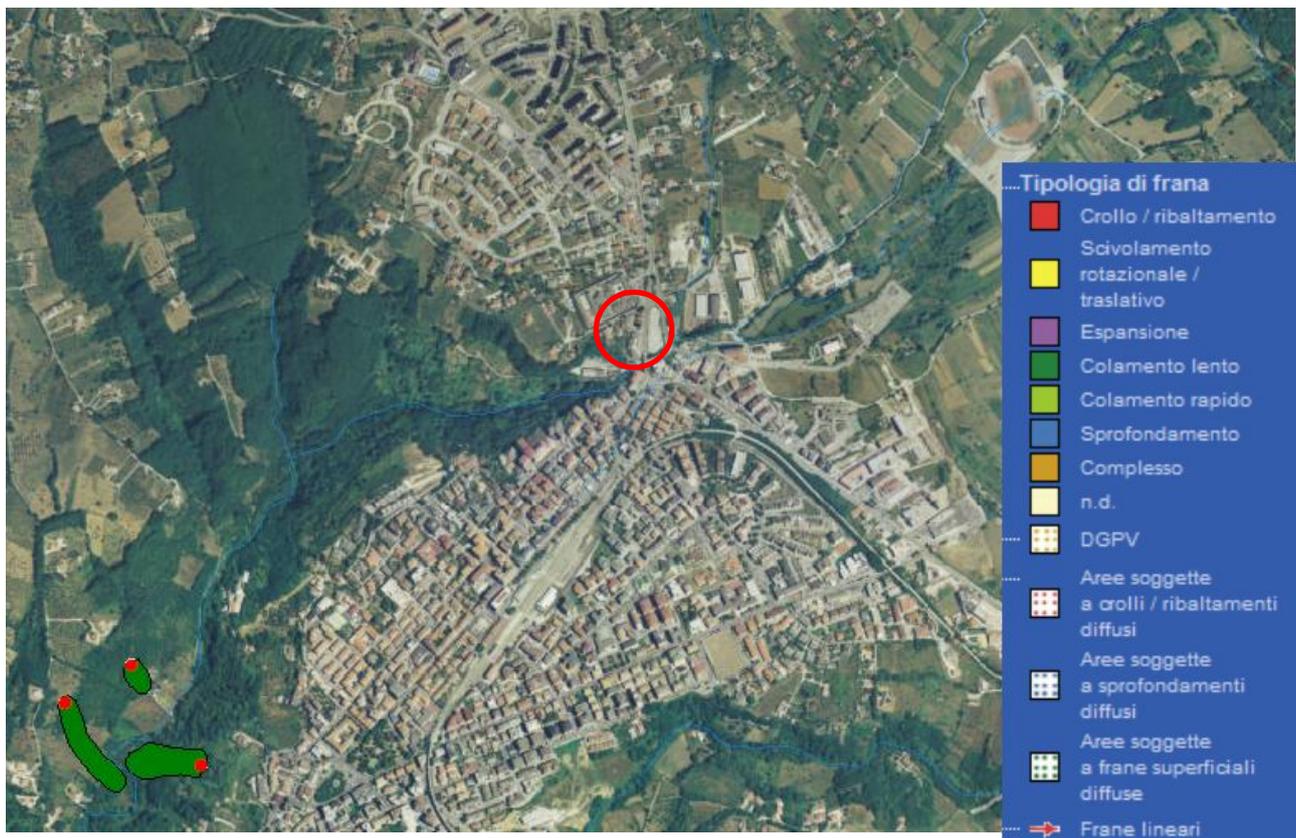


Fig. 2 Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. In evidenza l'area d'intervento.

L'analisi di quanto riportato nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico– Rischio di frana [PSAI-RF] (Autorità di Bacino dei Fiumi Liri – Garigliano e Volturno a.2006) ha evidenziato nell'area d'intervento e per quanto riguarda forme, processi e depositi gravitativi di versante, **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività e per quanto riguarda forme, processi e depositi per acque correnti superficiali **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività.

Ne consegue un rischio "RO Nullo" (Fig. 3).

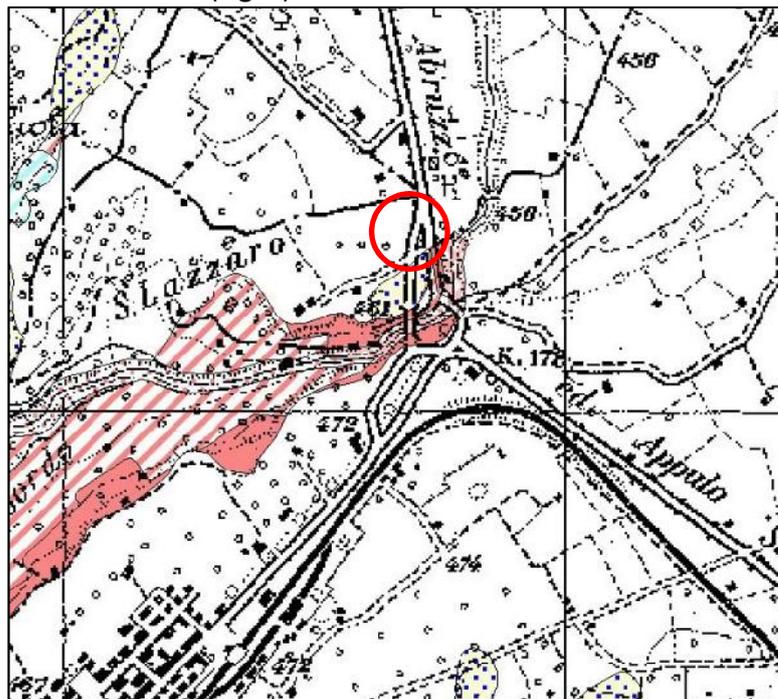


Fig. 3 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Carta degli scenari di rischio.

Il rilevamento geomorfologico effettuato ha evidenziato nell'area d'intervento e per quanto riguarda forme, processi e depositi gravitativi di versante, l'assenza di forme di qualsiasi tipo e stato di attività, e per quanto riguarda forme, processi e depositi per acque correnti superficiali, l'assenza di forme di qualsiasi tipo e stato di attività.

Ciò permette di conferire all'area d'intervento, a partire da una morfologia omogenea in termini di pendenza, una condizione di stabilità, priva di processi geomorfologici capaci di comprometterne la sicurezza.

04. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.

L'area d'intervento presenta in affioramento formazioni continentali.

Dall'analisi della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000 - Fig. 4) nell'area d'intervento si riscontra la presenza delle seguenti formazioni:

Formazioni continentali:

- **tr**: travertini, talora intercalati o coperti da livelli di ciottoli di età Olocene.
- **fla**: fluvio - lacustre: ciottoli eterogenei, anche di grosse dimensioni, in ammassi, poco o non stratificati, con rare lenti di sabbie grossolane, a superficie terrazzata (materiale torrentizio e di conoide).

Le formazioni risultano giustapposte stratigraficamente e nel dettaglio l'area d'intervento ricade all'interno della formazione **tr**.

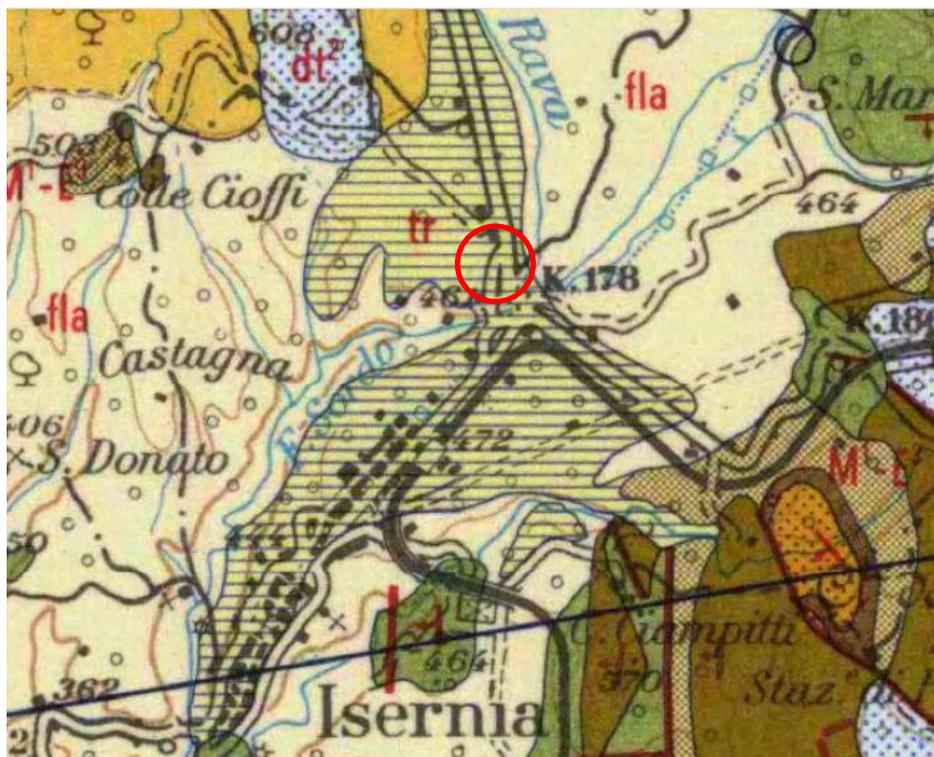
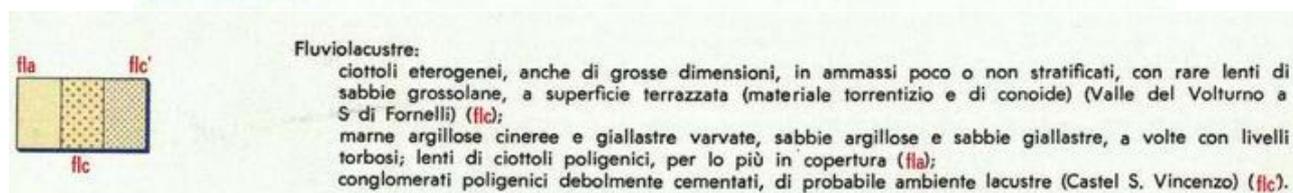
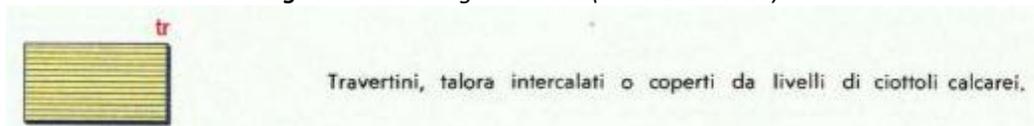


Fig. 4 Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000).



Dall'analisi della Carta Geologica del Molise (Scala 1:100.000 - Fig. 5) nell'area d'intervento si riscontra la presenza delle seguenti:

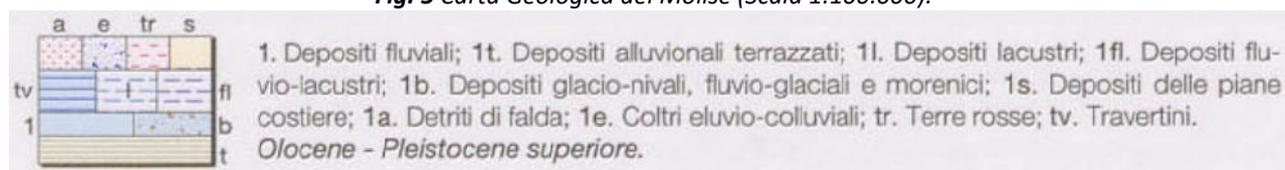
Formazioni continentali:

• **1**: depositi fluviali; **1t**, depositi alluvionali terrazzati; **1l**, depositi lacustri; **1fl**, depositi fluvio - lacustri; **1b**, depositi glacio - nivali; fluvio-glaciali e morenici; **1s**, depositi delle piane costiere; **1a**, detriti di falda; **1e**, coltri eluvio-colluviali; **tr**, terre rosse; **tv**, travertini. Età Olocene – Pleistocene superiore.

Le formazioni risultano giustapposte stratigraficamente e nel dettaglio l'area d'intervento ricade all'interno della formazione (**1fl**) in copertura su depositi **tv**, travertini.



Fig. 5 Carta Geologica del Molise (Scala 1:100.000).



Dall'analisi della Carta Geologico – Tecnica di MZS (Scala 1:5.000 - Fig. 6) l'area d'intervento ricade all'interno dei terreni di copertura del tipo **MLin** (Alternanza di livelli da limoargillosi a sabbioso-ghiaioso coesivi poco consistenti di ambienti fluvio - palustri, caratterizzanti il bacino di Isernia Le Piane), nonché frapposta, procedendo da sud ovest verso nord est, tra elementi tettonici strutturali del tipo faglia diretta non attiva (certa) e faglia diretta non attiva (presunta).

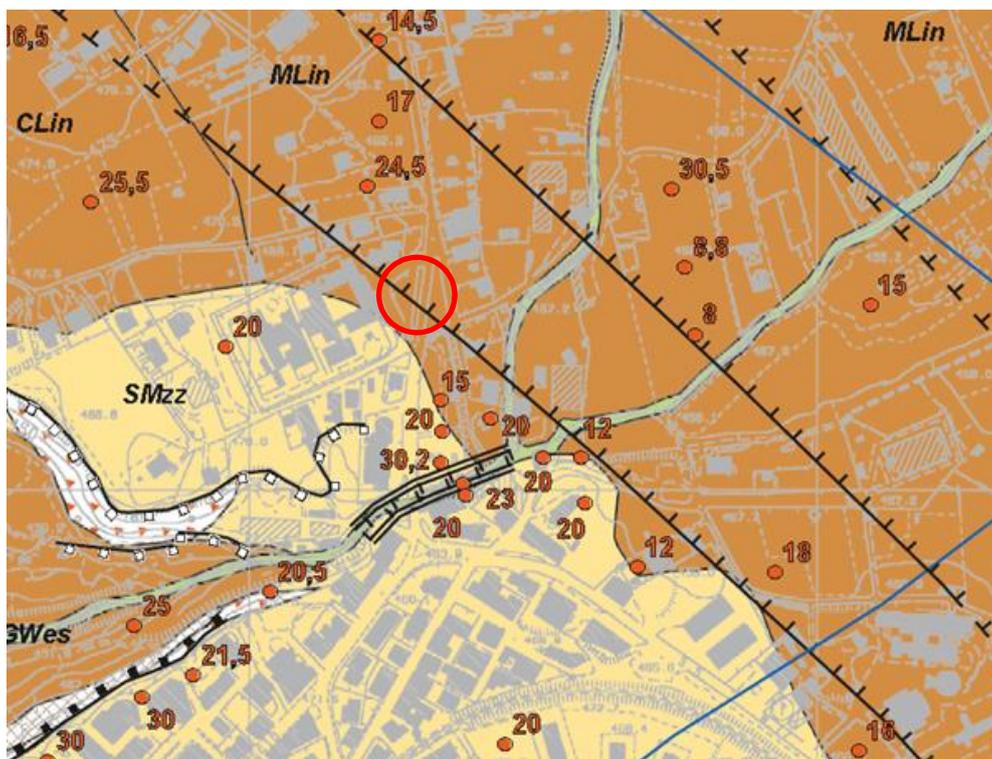


Fig. 6 Microzonazione sismica del Comune di Isernia – Carta Geologico – Tecnica.

Il rilevamento geologico condotto ha permesso, assieme all'esame dei litotipi affioranti e delle risultanze delle indagini dirette di tipo SPT, di definire la locale stratigrafia relativamente ai depositi di copertura; nello specifico nell'area d'intervento si individuano i seguenti orizzonti:

- **Depositi di copertura:** limo sabbioso con inclusi clasti eterogeni ed eterometrici (p.c. ÷ - 1,80 m);
- **Litotipo L1:** travertino in facies lacustre costituito da sabbie calcaree compatte di colore avana (>- 1,80 m).

05. IDROGEOLOGIA

L'abitato di Isernia è situato nel settore occidentale della Regione Molise, sulla parte sommitale di un crinale, le quote minime pari a 285,00 m s. l. m. e massime pari 905,00 m s. l. m., con a N la vallata del Fiume Sordo e verso W la vallata del Fiume Cavaliere.

Il territorio comunale, allineato in direzione circa N - S è delimitato verso nord dal Rio di S. Leo, allineato in direzione circa W-E, verso est dal V.ne dei Tre Confini e dal Fiume Rava, allineati in direzione circa N-S, affluenti di destra del Fiume Sordo e che rappresenta il principale asse di drenaggio di questo territorio, verso sud dal V. ne dell' Inferno orientato in direzione SE-NW e dalla linea orientata in direzione circa SE-NW Mass. S. Paolo (405,00 m s. l. m.) – F.te S. Vito (353,00 m s. l. m.) e verso ovest dal Fiume Vandra e dalla Rava dei Tre Valloni orientati in direzione circa NNE-SSW.

I corsi d'acqua che solcano i fondovalle, a loro volta ricevono gli apporti di innumerevoli solchi di erosione concentrati, che contribuendo in modo significativo al drenaggio delle acque superficiali, determinano con i loro apporti le massime portate di piena.

La presenza di depositi fluvio - lacustri, a componente prevalentemente limo - sabbiosa, favorisce il ruscellamento delle acque meteoriche a scapito dell'infiltrazione, questa tendenza è evidenziata sia dal rilievo geomorfologico condotto sia dall'analisi delle basi topografiche con la presenza di numerose aste di primo ordine.

La presenza di depositi fluvio - lacustri è a sua volta associata a depositi di copertura, a componente prevalentemente limo - argillosa, ed ad ampie fasce di alterazione.

L'area d'intervento presenta litotipi ascrivibili al Complesso dei travertini (Fig. 7)

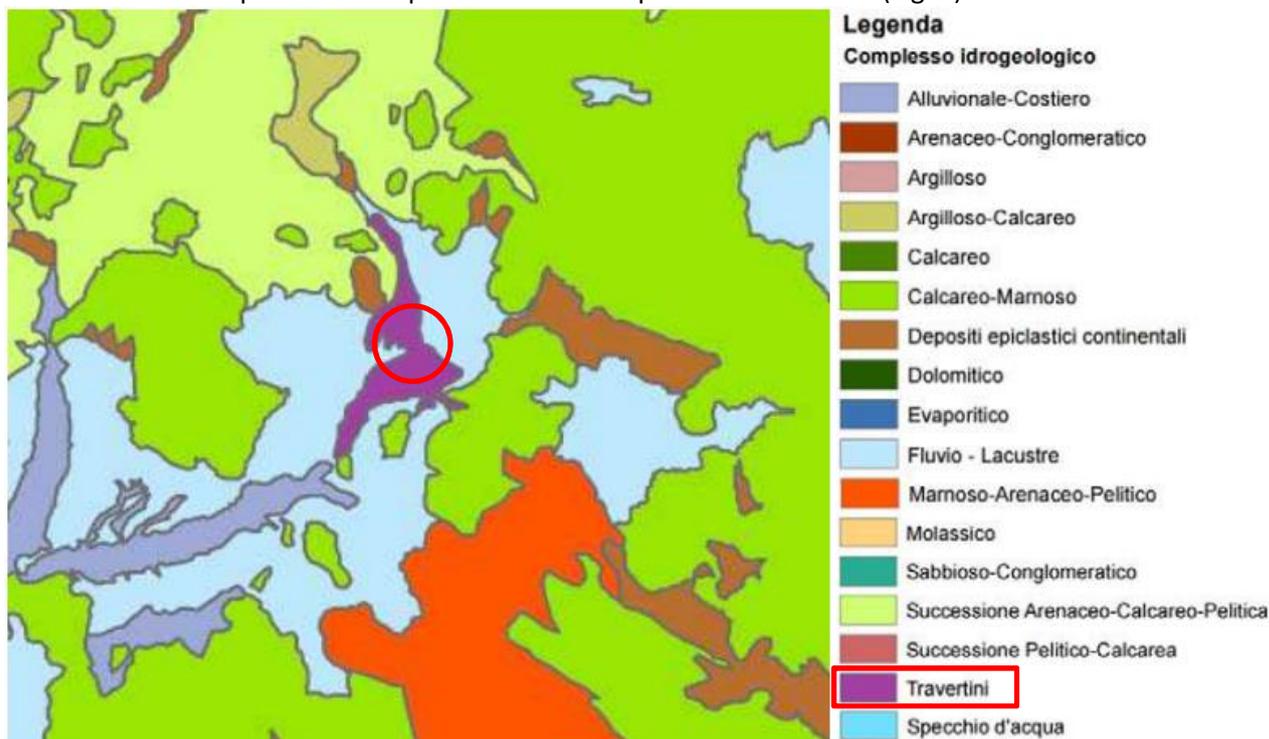


Fig. 7 Piano di tutela delle acque – Carta dei Complessi Idrogeologici

Tale **Complesso** caratterizzante l'area d'intervento è costituito da depositi di travertino ad aspetto massivo con la circolazione idrica sotterranea basale con falda coincidente con il livello del Torrente Rava a Est. Questo complesso risulta **permeabile per fratturazione** ed è caratterizzato da un grado di permeabilità alta.

06. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.

Allo scopo di caratterizzare geotecnicamente più in dettaglio la stratigrafia dell'area si è fatto ricorso a una indagine penetrometrica SPT di cui in allegato.

Sono state effettuate n.2 prove con penetrometro della PAGANI del tipo DM-30 avente le seguenti caratteristiche:

- * maglio da 30 kg;
- * corsa del maglio 20 cm;
- * aste da 2.4 kg/ml
- * punta con superficie di 10 cm² e dall'inclinazione di 60°.

L'infissione delle aste avviene per caduta di un maglio da una determinata altezza H in modo da contare i colpi N necessari a produrre un abbassamento nel terreno del gruppo di infissione per 10 cm.

La prova fornisce tutta una serie di parametri geotecnici facilmente desumibili dall'allegato al quaderno delle indagini. L'indagine ha evidenziato la presenza di depositi limoso-sabbiosi in copertura su depositi di travertino.

Il numero dei colpi del penetrometro è variabile, il test si è fermato a una profondità massima di circa -1.90 mt dal p.c. in quanto la strumentazione è andata a rifiuto per la presenza di depositi compatti in profondità.

Durante le prove non è stata rinvenuta alcuna falda idrica.

In particolare, è stata rilevata la seguente situazione stratigrafica:

- 1) 0,00 - 1,80 mt: limo sabbioso (unità litologica A)
- 2) 1,80 - 2,00 mt: depositi di travertino (unità litologica B)

Per una caratterizzazione geotecnica delle unità litologiche si può far riferimento ai seguenti parametri geotecnici fondamentali **medi**:

		Unità A	Unità B
Peso di volume	γ (t/m ³)	1.41	1.66
Peso di volume saturo	γ_s (t/m ³)	1.88	2.03
Angolo di attrito interno	\leftarrow (°)	23,7°	35,1°
Modulo deformazione	E' (kg/cm ²)	230	400

Si rimanda al quaderno delle indagini in allegato alla presente Relazione per una più completa descrizione delle unità litologiche.

07. INQUADRAMENTO SISMICO.

L'area del Comune di ISERNIA è stata inserita all'interno della Zona Sismica 1, ratificata dalla delibera n.194 del 20.09.2006 della Giunta Regione Molise, in base all'OPCM 3519 del 28.04.2006 e all'OPCM 3274 del 20.03.2003.

A tale zona sismica corrisponde un valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni superiore a 0,275 (a_g/g), e ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) a_g/g pari a 0,275.

E' stato effettuato uno stendimento sismico di tipo MASW, così come documentato in allegato, da cui è risultata la presenza di 3 sismostrati con valori V_s crescenti, da cui è emersa una V_{s30} pari a **515 m/s** con conseguente categoria del suolo di fondazione pari a:

B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità equivalente compresi fra 360 m/s e 800 m/s.

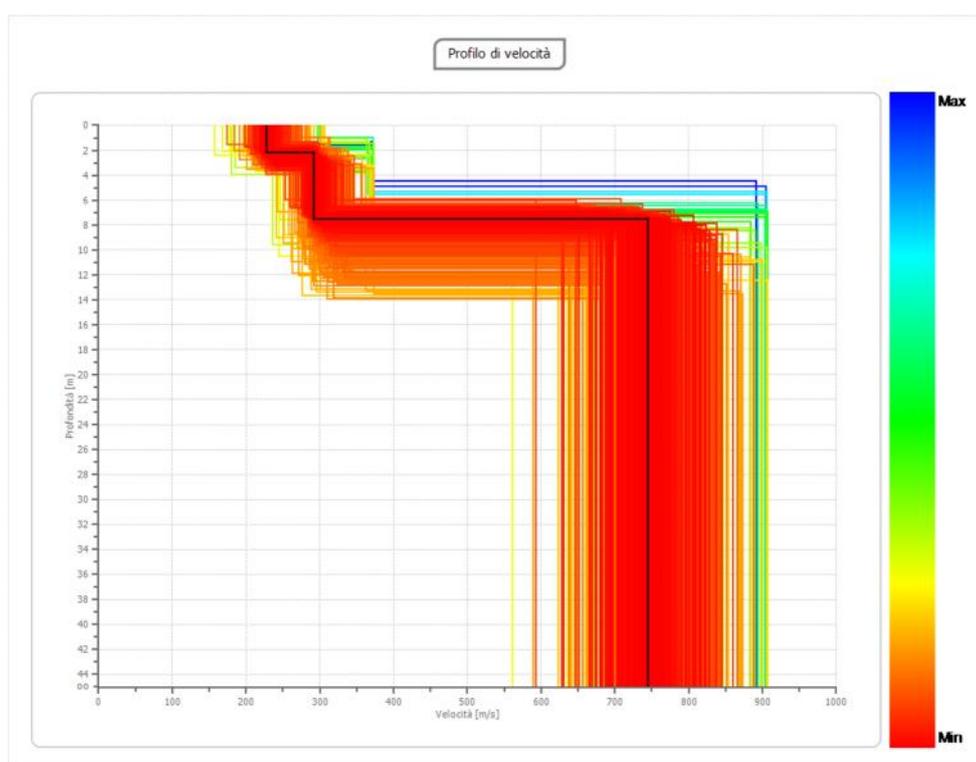


Fig. 8: Profilo della Vs30 dall'indagine MASW

Le indagini sismiche effettuate concordano con il modello geologico descritto nel paragrafo precedente; si ha un aumento delle velocità con la profondità, dovuto alla presenza di strati via via più competenti in profondità.

Il primo sismostrato presenta velocità molto basse, si tratta del terreno di copertura, presenta uno spessore di circa 2 mt.

Il secondo sismostrato corrisponde alla fascia alterata dei depositi di travertino precedentemente descritto a cui segue in profondità depositi a maggior consistenza.

I parametri da utilizzare per la costruzione degli spettri di risposta elastici dell'area indagata sono riportati nelle tabelle seguenti.

Vita nominale: 50 [anni]

Classe d'uso: II. Opere infrastrutturali, ... non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV.

Zona Sismica	1
a_g (g) (valore di ancoraggio dello spettro di risposta elastico al bedrock)	0,275
Categoria del Suolo di Fondazione (dell'area indagata)	B
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente c_u	1

Coefficienti	Prob. Superamento (%)	Tr (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (sec)	Ss Amplif. Stratigrafica	Cc Coeff. funzione Categoria	St Amplif. Topografica	Kh	Kv	Amax [m/s ²]	Beta
SLO	81	30	0,071	2,383	0,278	1,20	1,42	1,0	0,017	0,008	0,831	0,200
SLD	63	50	0,091	2,375	0,293	1,20	1,41	1,0	0,022	0,011	1,070	0,200
SLV	10	475	0,261	2,353	0,363	1,15	1,35	1,0	0,084	0,042	2,945	0,280
SLC	5	975	0,349	2,368	0,383	1,07	1,33	1,0	0,105	0,052	3,665	0,280

Dall'analisi della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di MZS l'area d'intervento ricade all'interno di **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** e nello specifico nella **Zona 5** (limi, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi del bacino intermontano le Piane, di spessore di almeno 25 m sovrapposti al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso – sabbiose CL).

Inoltre, punti di misura ambientali limitrofi all'area d'intervento hanno evidenziato valori di f_0 pari circa a 1,0 Hz.

08. INDAGINI GEORADAR.

E' stata condotta una campagna indagine tramite georadar, riporta in allegato, per l'investigazione dei sottoservizi presenti nel sottosuolo.

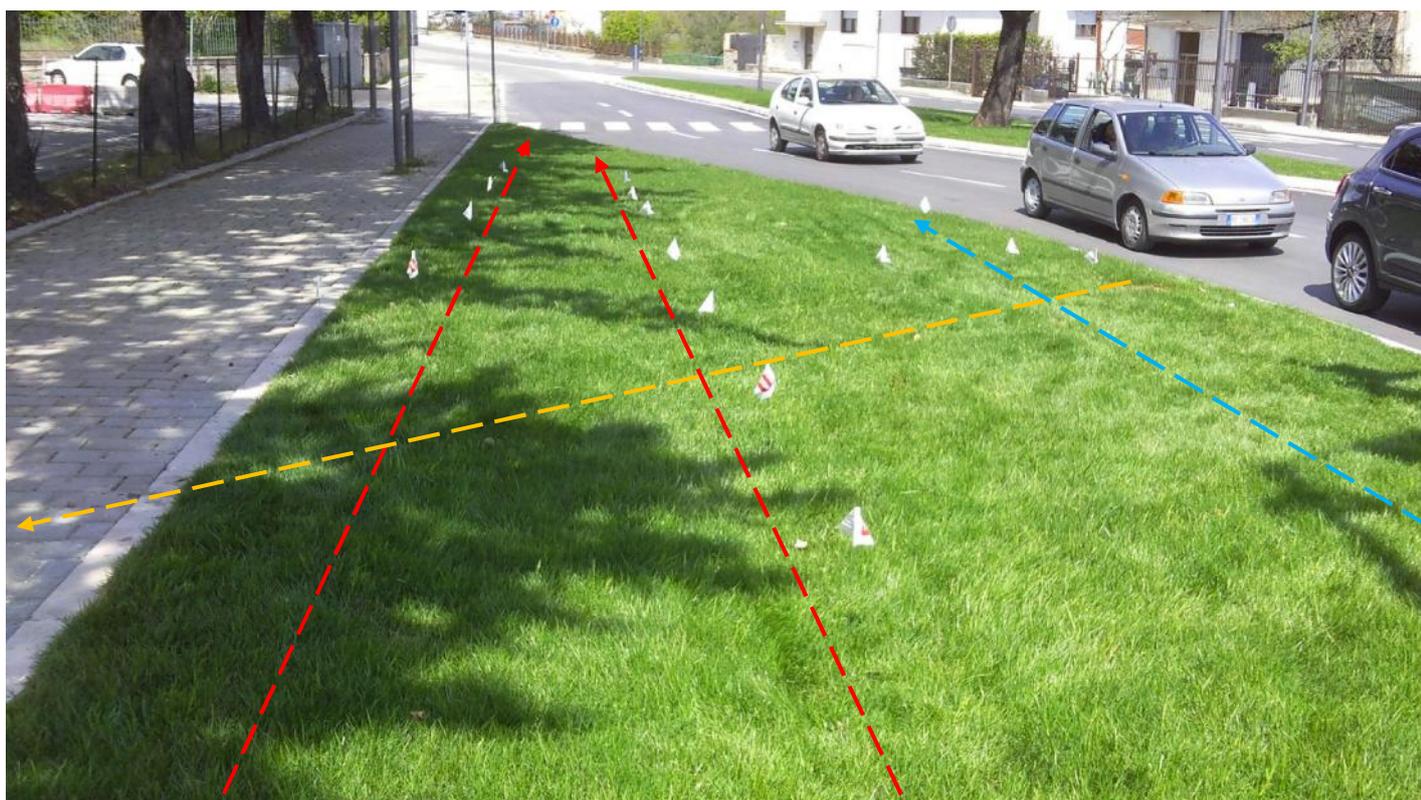
Gli stendimenti con G.P.R. (ground probing radar) sono stati identificati in N. 9 strisciate caratterizzate da lunghezze ed orientamenti vari, con i radargrammi opportunamente ubicati sulla Planimetria di riferimento allegata.

Il software utilizzato per l'elaborazione denominato **GresWin2**, è sviluppato dalla IDS Spa.

La profondità di indagine utile, considerando la natura litologica del sottosuolo, è stata di circa 2,00 metri.

Le indagini Georadar hanno permesso di verificare la presenza di impianti e sottoservizi idrici e urbani al di sotto del piano di calpestio.

In particolare sono state rilevate a una profondità di circa 1,3 mt dal p.c. le due condotte idriche esistenti, in prossimità del marciapiede oltre a un altro sottoservizio parallelo posto a quota di circa 0,60 mt e a 5 mt dal bordo del marciapiede e al tubo in PVC dell'impianto di irrigazione, posto trasversalmente che scarica nel tombino delle acque reflue posto sul marciapiede.



Legenda:

- - - - - → **Condotta idrica**
- - - - - → **Sottoservizio**
- - - - - → **Caditoia impianto irrigazione**

09. VALUTAZIONI DI SINTESI.

Su incarico dell'amministrazione comunale di Isernia è stato eseguito uno studio finalizzato all'acquisizione di parametri geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici relativi a "Lavori di realizzazione di una mini centrale idroelettrica sull'acquedotto comunale."

L'analisi di quanto riportato nel Progetto IFFI ha evidenziato, nell'area d'intervento e per quanto riguarda i fenomeni gravitativi di versante, **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività.

L'analisi di quanto riportato nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico ha evidenziato nell'area d'intervento e per quanto riguarda forme, processi e depositi gravitativi di versante, **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività e per quanto riguarda forme, processi e depositi per acque correnti superficiali **l'assenza d'interazione diretta** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività. Ne consegue un rischio "**RO Nullo**".

Il rilevamento geomorfologico effettuato ha evidenziato nell'area d'intervento e per quanto riguarda forme, processi e depositi gravitativi di versante, **l'assenza** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività, e per quanto riguarda forme, processi e depositi per acque correnti superficiali, **l'assenza** di forme di qualsiasi tipo e stato di attività.

L'analisi di quanto riportato in bibliografia ha permesso di ricondurre i litotipi affioranti in corrispondenza dell'area d'intervento alla formazione **fla** (Carta Geologica d'Italia (Scala 1:100.000)), alla formazione **(1fl)** (Carta Geologica del Molise (Scala 1:100.000)) ed ai terreni di copertura del tipo **MLiN** (Carta Geologica – Tecnica di MZS (Scala 1:5.000)).

Il rilevamento geologico condotto ha permesso, assieme all'esame dei litotipi affioranti e delle risultanze delle indagini dirette, di definire la locale stratigrafia relativamente ai depositi di copertura e al litotipo travertinoso presente a partire da circa -2 mt dal p.c.

L'area d'intervento presenta litotipi ascrivibili al **Complesso di Travertino** caratterizzato da una permeabilità di tipo **primaria per fratturazione** ed è caratterizzato da un grado di permeabilità molto alto.

Le caratteristiche meccaniche di questi terreni variano, risultando alquanto scadenti nelle porzioni prossime alla superficie, migliorando all'aumentare della profondità.

La vigente classificazione sismica (2015) individua il comune di Isernia come "**Zona sismica 1**" e con **pericolosità sismica pari a 0,250 ÷ 0,275 g**. Dall'analisi della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di MZS (Scala 1:5.000) l'area d'intervento ricade all'interno di **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** e nello specifico nella **Zona 5**.

Inoltre, all'area d'intervento è possibile attribuire una **categoria topografica T1**, un **coefficiente di amplificazione topografica St = 1,00**, mentre la velocità equivalente delle onde di taglio in m/s nei primi 30 metri misurati al p. c. è **Vs,eq (H=30mt) = 515 m/s**, ne consegue che il terreno di fondazione relativamente all'area d'intervento può essere definito come di **Tipo B** quali "Rocce e terre e depositi di terreni a grana

grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30,00 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

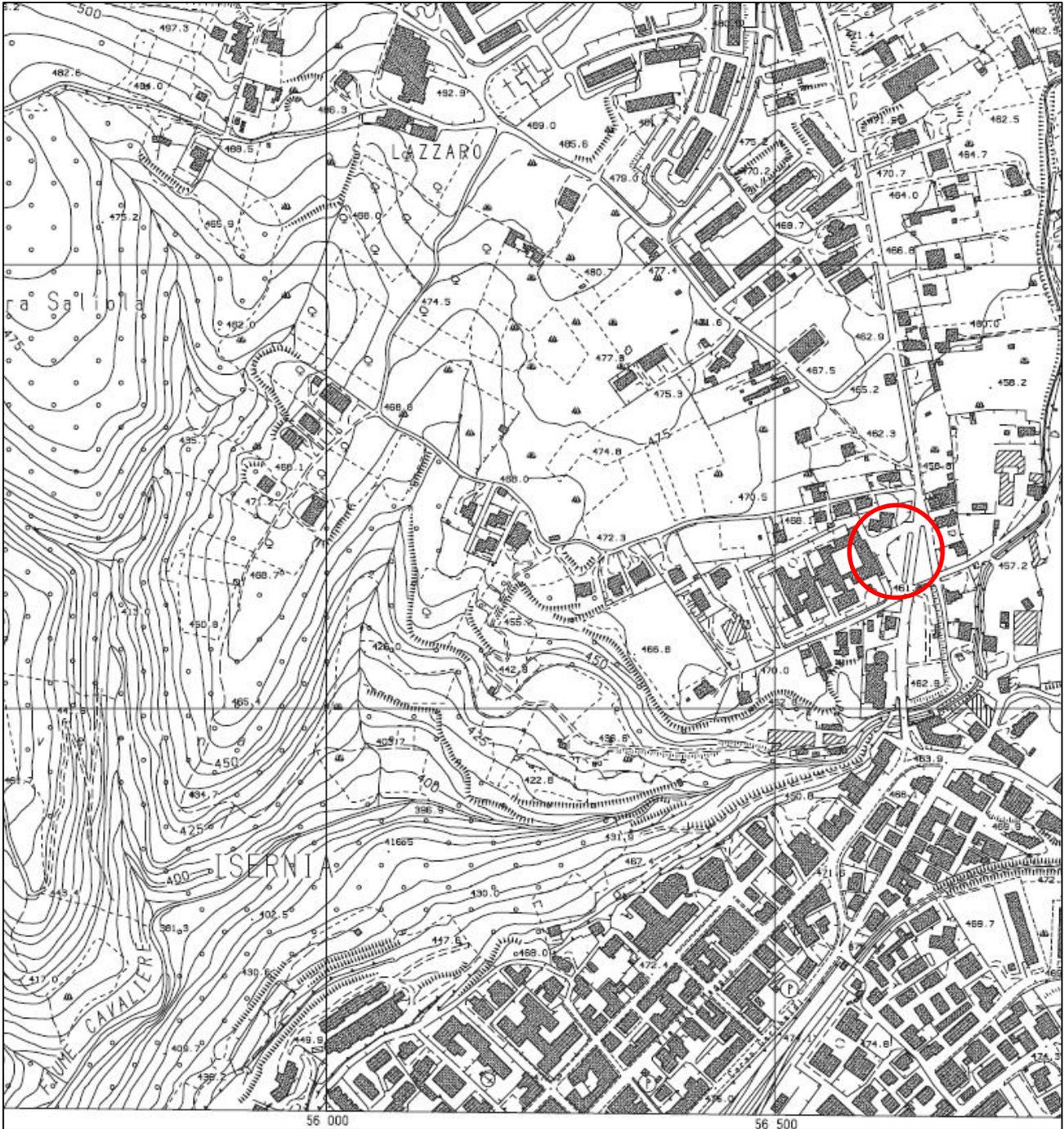
Le osservazioni e le valutazioni esposte nelle pagine precedenti, sulle proprietà fisico-meccaniche e sulle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni ricadenti nell'area in oggetto, permettono di formulare un giudizio positivo sulla stabilità ed edificabilità del sito.

Tanto doveva il Geologo per ottemperare all'incarico.

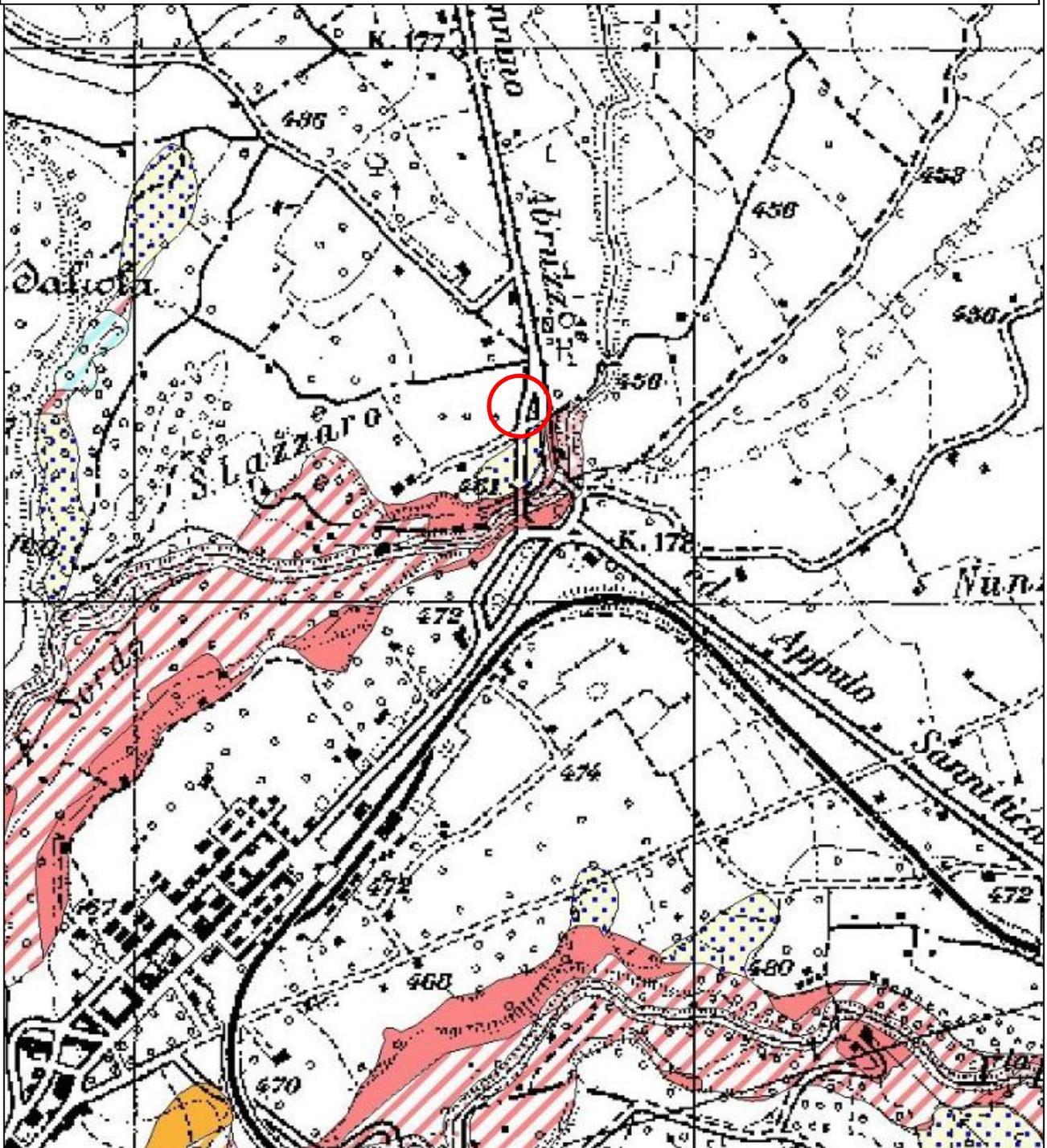
Dott. Geol.

Emilio Santomaro

UBICAZIONE AREA INVESTIGATA
ESTRATTO CARTA TECNICA REGIONALE
Elemento n. 392152 "Isernia Nord"
Scala 1:5000



ESTRATTO DEL PSAI-RF DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL F. VOLTURNO.
Scala 1:25.000



Legenda



AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R₄

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.
(* Aree a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)



AREA A RISCHIO ELEVATO - R₃

Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.



AREA A RISCHIO MEDIO - R₂

Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.



AREA A RISCHIO MODERATO - R₁

Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.



AREA DI ALTA ATTENZIONE - A₄

Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.



AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A₃

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.



AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A₂

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.



AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A₁

Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - R_{pA}

Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - A_{pA}

Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggiore dettaglio.



AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO - R_{pB}

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA - A_{pB}

Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.



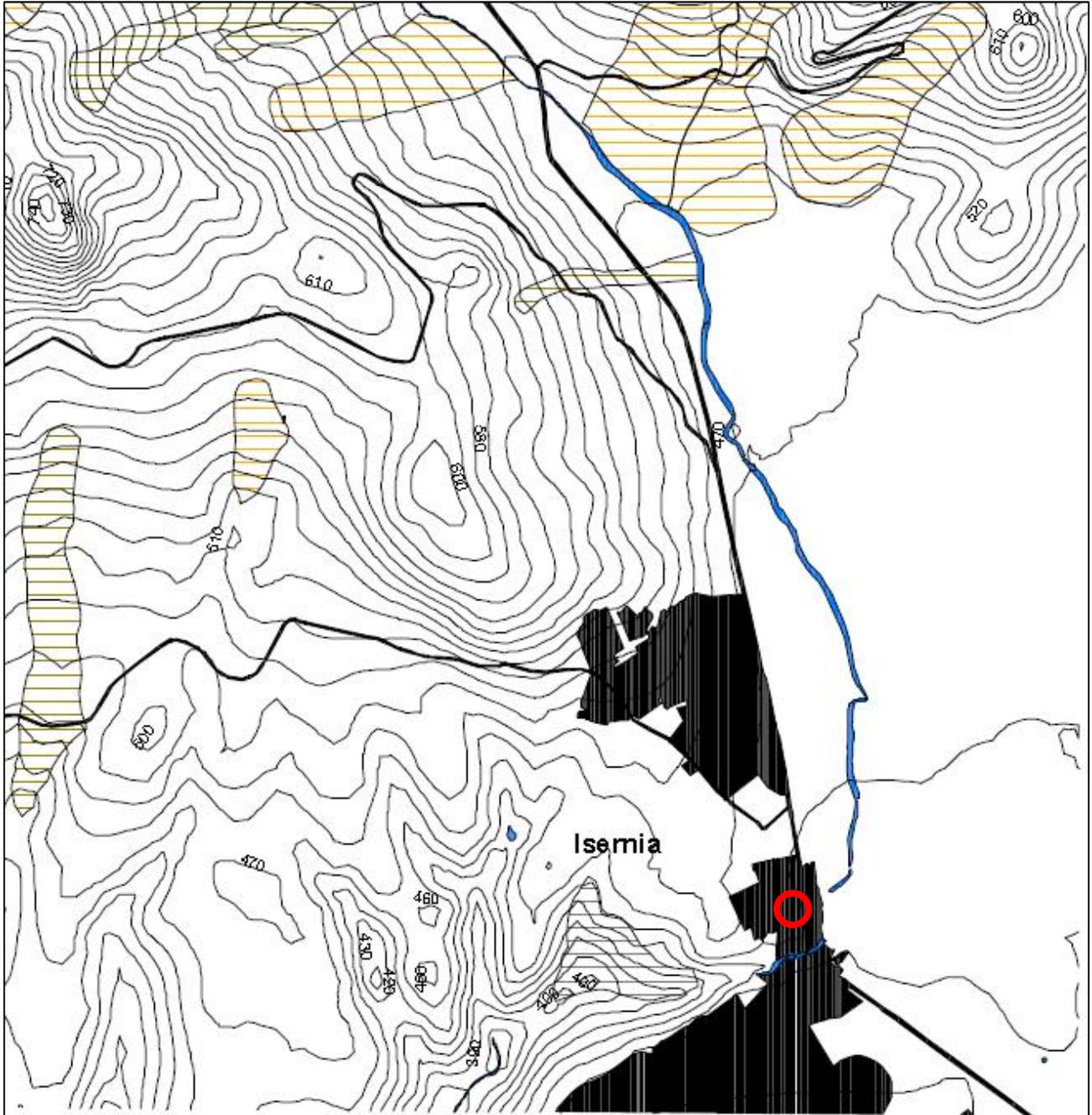
Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 C₁

N.B.: Nelle aree a contorno delle frane, quando non è indicato l'ambito morfologico significativo di riferimento, l'area di possibile ampliamento deve essere estesa fino allo spartiacque principale e/o secondario, già riportati nella carta geomorfologica.



Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP 11/3/88) - C₂

ESTRATTO CARTA INVENTARIO PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA - REGIONE MOLISE
Elemento n. 39215"
SCALA 1:20000



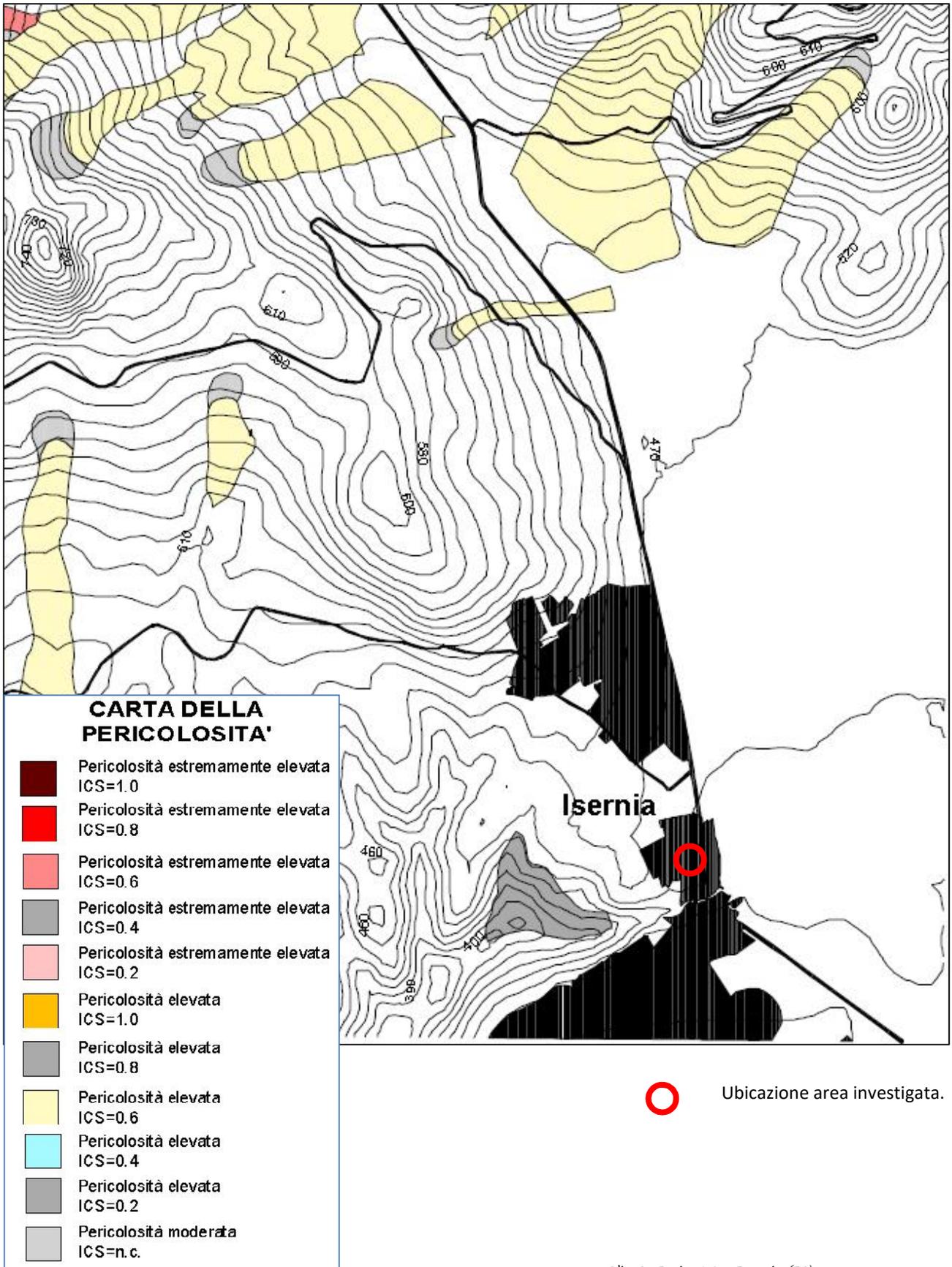
CARTA INVENTARIO



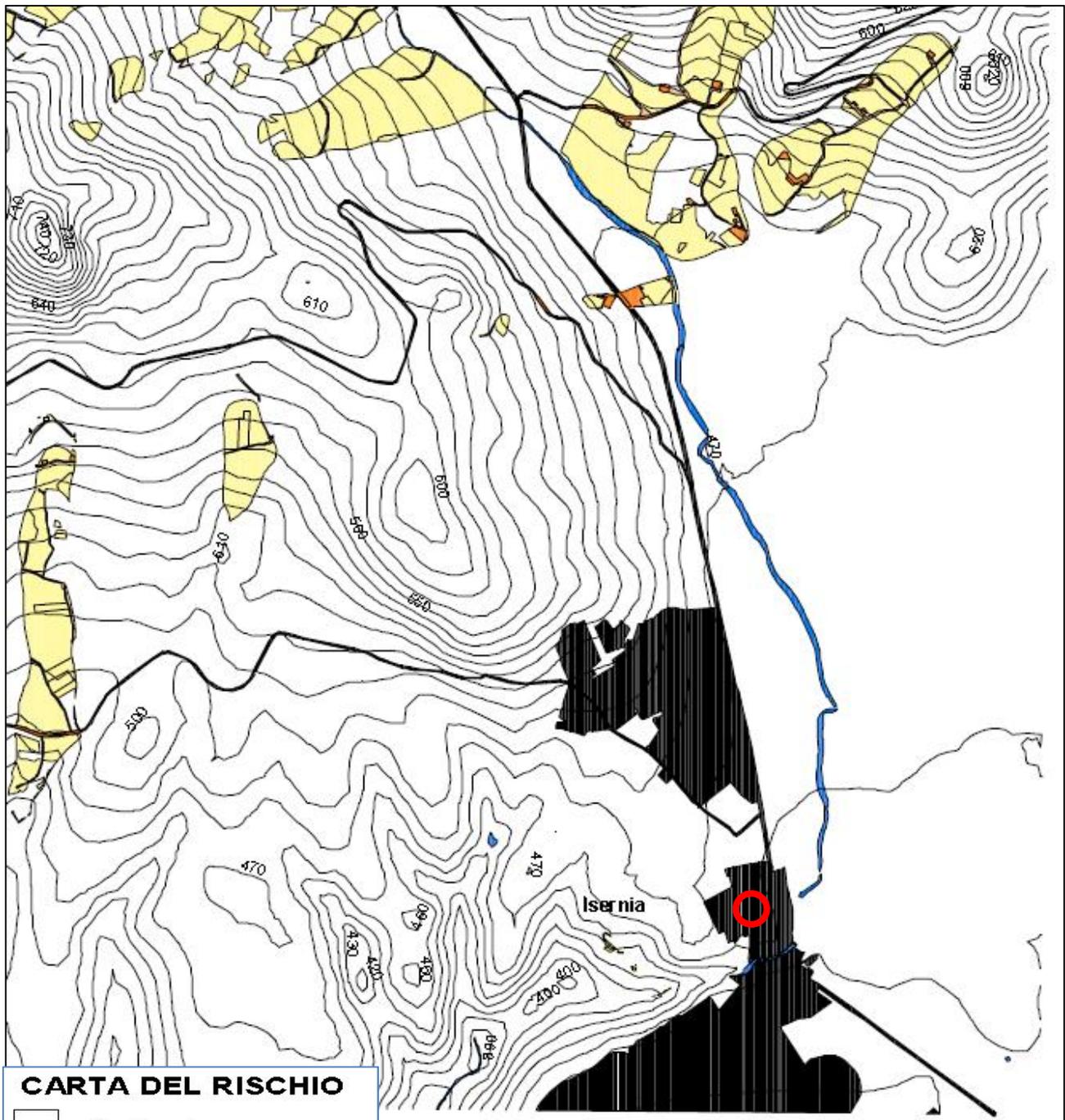
Ubicazione area investigata.

Grado di attività			
Stabilizzac	Qu coarcto	Attivo	
			Crollo
			Ribaltamento
			Scivolamento rotazionale
			Scivolamento traslativo
			Colata in terra

ESTRATTO CARTA PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA - REGIONE MOLISE
Elemento n. 39215"
SCALA 1:20000



ESTRATTO CARTA DEL RISCHIO - PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA - REGIONE MOLISE
Elemento n. 39215"
SCALA 1:20000



CARTA DEL RISCHIO

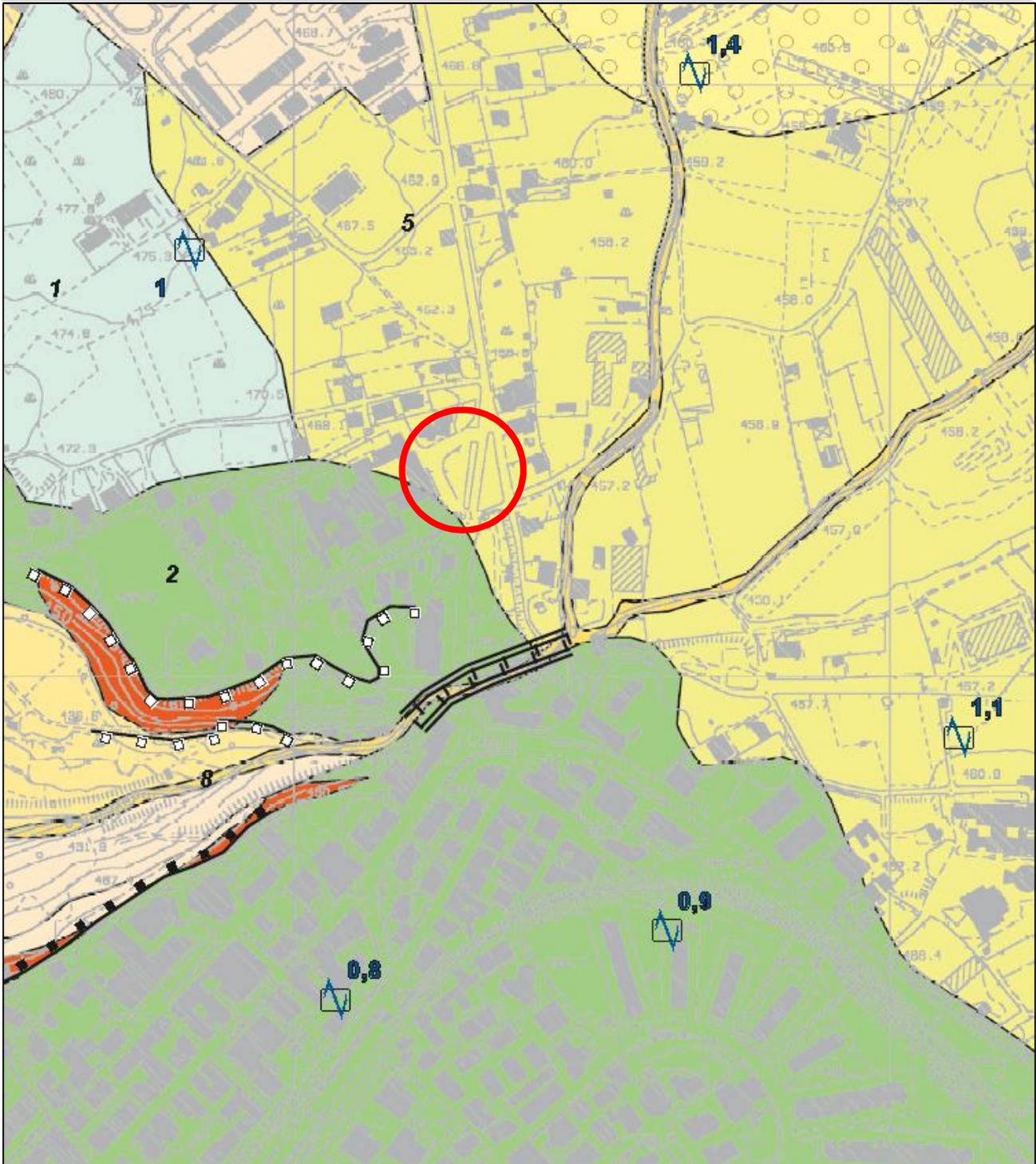
	Rischio nullo
	Rischio moderato
	Rischio medio
	Rischio elevato
	Rischio estremamente elevato

 Ubicazione area investigata.

ESTRATTO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Comune di Isernia

SCALA 1:5000



 Ubicazione area investigata.

Legenda

Zone stabili



Substrato lapideo stratificato

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

1

ZONA 1: argille limose ghiaiose o sabbiose, argille limose, di spessore anche maggiore di 50m

2

ZONA 2: sabbie limose, miscela di sabbia e limo associabili a travertini litoidei e sabbiosi di spessore fino a 25m, sovrapposti alle argille limose, ghiaiose e sabbiose CL

3

ZONA 3: ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso-sabbiose CL

4

ZONA 4: ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie con spessore di almeno 30m, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso-sabbiose CL

5

ZONA 5: limi, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi del bacino intermontano di le Piane, di spessore di almeno 25m sovrapposti al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso-sabbiose CL

6

ZONA 6: ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo, di falda detritica o conoide, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso-sabbiose CL o ai Limi, sabbie fini limose o argillose di ML

7

ZONA 7: argille ghiaiose, sabbiose, o limose eluvio colluviali

8

ZONA 8: ghiaie pulite con granulometria ben assortita, di ambiente di barra, canale o argine fluviale

9

ZONA 9: Terreni contenenti resti di attività antropica, di spessore fino a 15m, sovrapposti al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaioso-sabbiose CL

Zone suscettibili d'instabilità

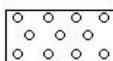


Instabilità di versante: attiva



Instabilità di versante: quiescente

Forme di superficie e sepolte



Conoide alluvionale



Falda detritica



Orlo di scarpata morfologica (10-20 m)



Orlo di scarpata morfologica (> 20 m)



Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)



Cresta



Picco isolato

Tracce di sezione topografica



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

Punti di misura di rumore ambientale

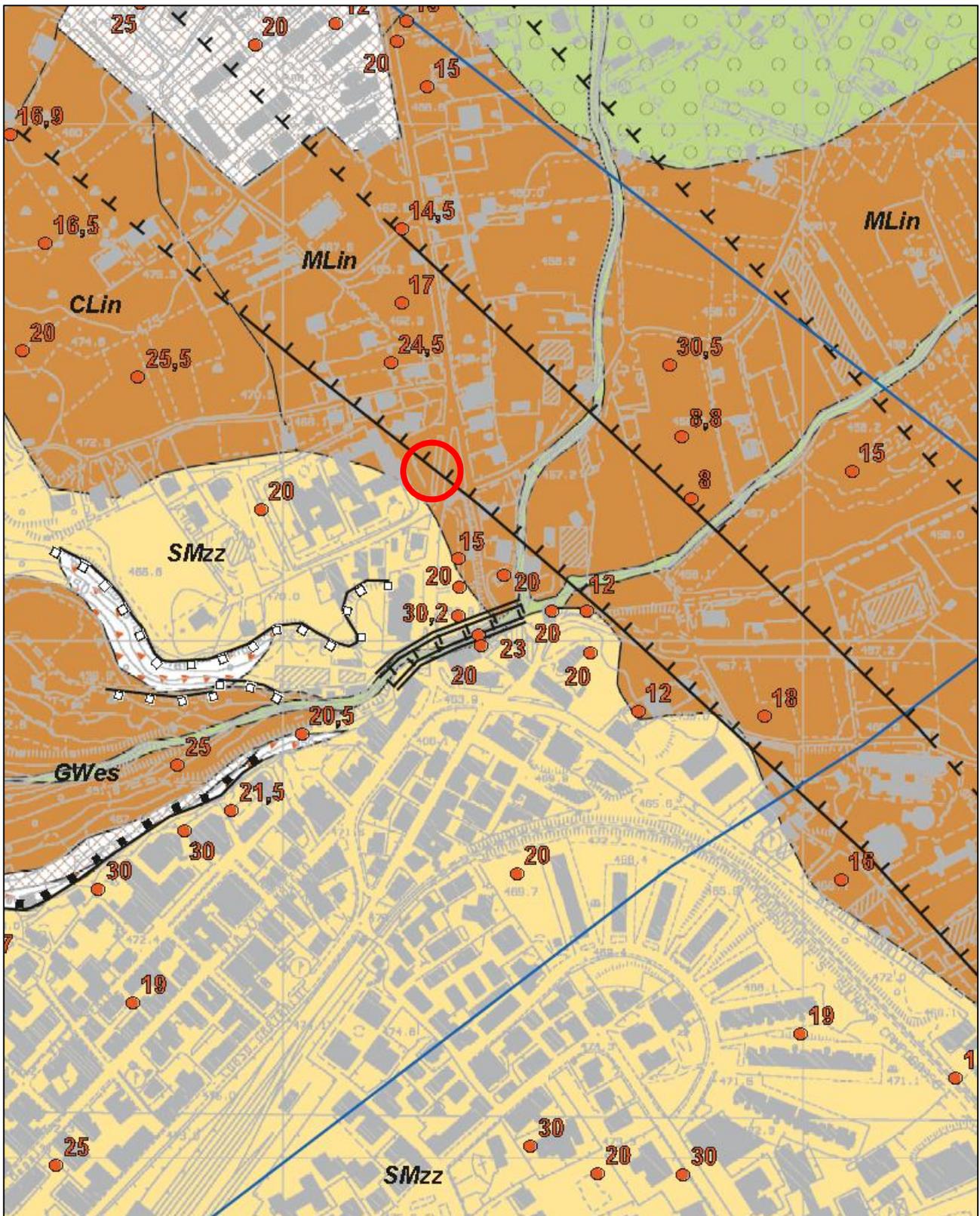


Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f0

ESTRATTO CARTA GEOLOGICO-TECNICA.

Comune di Isernia

SCALA 1:5000



 Ubicazione area investigata.

Legenda

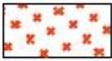
Terreni di copertura

- RI** Riporti antropici: depositi contenenti resti di attività antropico sciolti
- GWes** Alluvioni: ghiaie eterometriche con sabbie grossolane, clasto-sostenute e sciolte, caratterizzanti il fondo, gli argini e le barre degli alvei attuali
- GWtf** Alluvioni terrazzate: ghiaie e sabbie pulite, arrotondate, clasto-sostenute, ben assortite e parzialmente cementate, caratterizzanti le aree dei terrazzi fluviali del T. Sordo e del F. Carpino
- GPtf** Ghiaie e sabbie pulite poco addensate, arrotondate, clasto-sostenute e poco assortite, caratterizzanti le aree dei terrazzi fluviali sospesi a pochi metri dal fondovalle
- GMca** Ghiaie eterometriche, moderatamente addensate, generalmente clasto-sostenute, a luoghi in matrice limo-sabbiosa in facies di conoide alluvionale
- GMfd** Ghiaie e sabbie, moderatamente addensate, sub-angolari con o senza matrice sabbioso-limosa, caratterizzanti la falda detritica
- GMtf** Alternanza di livelli ghiaiosi, sabbiosi e limoso argillosi moderatamente addensati, da clasto-sostenuti a matrice sostenuti, caratterizzanti le aree dei terrazzi fluviali sospesi a diverse decine di metri dal fondovalle
- SMzz** Alternanza di livelli travertini stromatolitici e fitoermali litoidi e di travertini fitoclastici e detritici scarsamente cementati
- MLin** Alternanza di livelli da limo-argillosi a sabbioso-ghiaioso coesivi poco consistenti di ambienti fluvio-palustri, caratterizzanti il bacino di Isernia Le Piane
- CLec** Limi-sabbiosi con ghiaie centimetriche coesivo consistenti di origine eluvio-colluviale caratterizzanti le aree poste alla base di scarpate e/o il fondo di depressioni morfologiche
- CLin** Alternanza di livelli da limo-argillosi e sabbioso-ghiaiosi coesivo consistenti di ambienti fluvio-palustri, caratterizzanti il bacino intermontano di Isernia, con intercalati livelli vulcanici e travertini fitoclastici

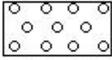
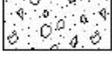
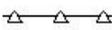
Substrato Geologico

- LPS** Calcarei e calcari-marnosi biancastri in strati e banchi, da molto a mediamente fratturati del substrato lapideo stratificato

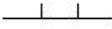
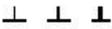
Instabilità di versante

-  Complessa - quiescente
-  Crollo o ribaltamento - quiescente
-  Complessa - attiva
-  Crollo o ribaltamento - attiva

Forme di superficie e sepolte

-  Conoide alluvionale
-  Falda detritica
-  Orlo di scarpata morfologica (10-20 m)
-  Orlo di scarpata morfologica (>20 m)
-  Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)
-  Cresta
-  Picco isolato

Elementi tettonico strutturali

-  Faglia diretta non attiva (certa)
-  Faglia diretta non attiva (presunta)
-  Giacitura strati
-  Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Elementi geologici e idrogeologici

-  Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido
-  Profondità (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo

QUADERNO INDAGINI

INDICE

- 1. INTRODUZIONE**
- 2. CENNI TEORICI SULLE METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE**
- 3. RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE – STENDIMENTO SISMICO SS1**
- 3.1 MASW n.1**
- 4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**
- 5. INDAGINE GEORADAR**
- 6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



1. INTRODUZIONE

Il sottoscritto Dott. Geol. Emilio Santomarco ha redatto la presente documentazione tecnica relativa alle Indagini a corredo del Progetto per i “Lavori di realizzazione di una mini centrale idroelettrica sull’acquedotto comunale” su incarico dell’Amministrazione Comunale di Isernia (IS).

Nella fattispecie, la campagna indagini è stata ottenuta mediante l’esecuzione delle seguenti metodologie investigative:

- N° 01 PROSPEZIONE SISMICA SUPERFICIALE CON METODOLOGIA DI INDAGINE “MASW”;
- N° 02 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT;
- INDAGINE GEORADAR.

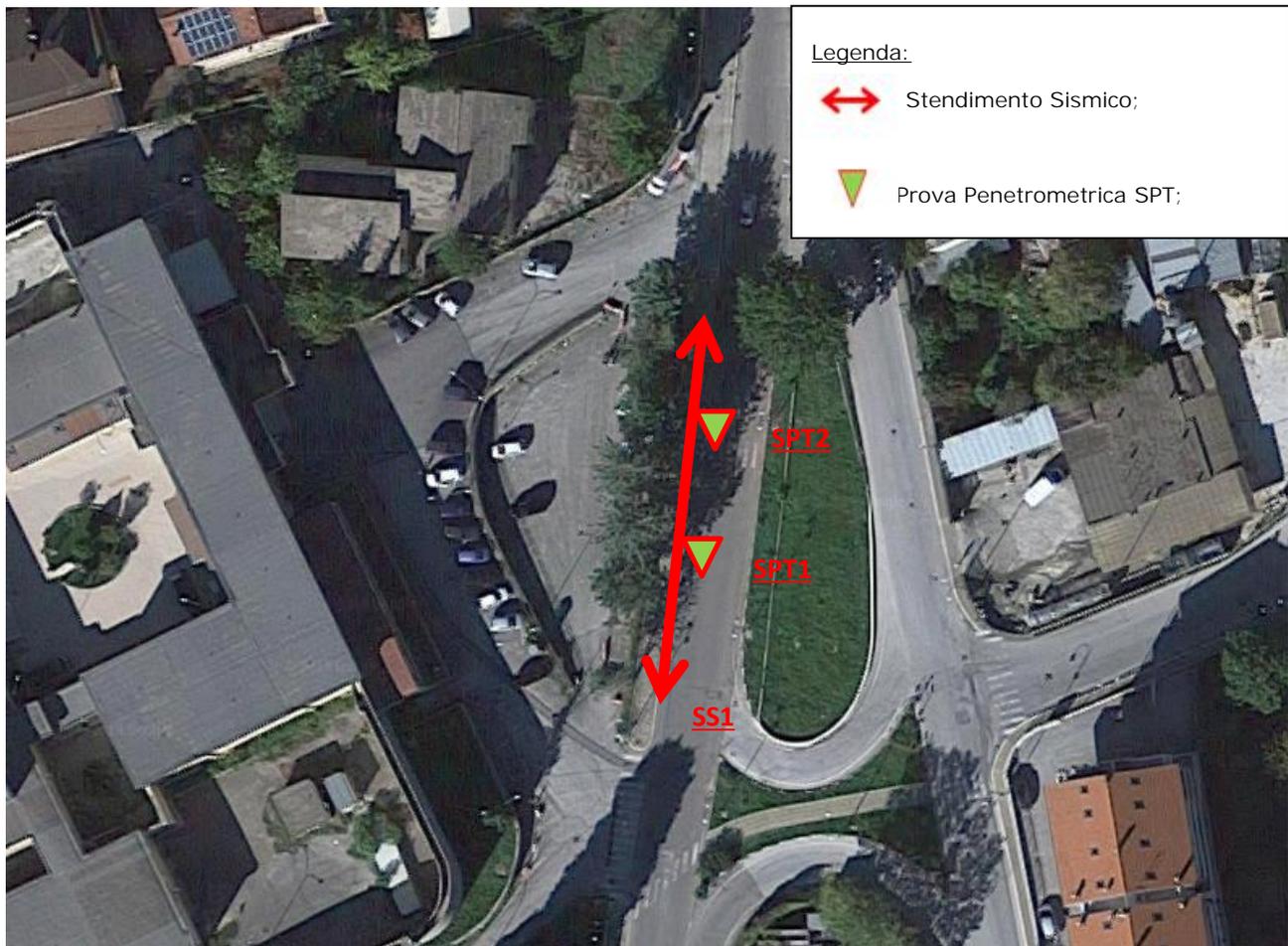


Fig. 1: Ubicazione indagini

2. - INDAGINE SISMICA MASW -

CENNI TEORICI E METODOLOGIE GEOFISICHE UTILIZZATE

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA IN CAMPO:

Il dispositivo utilizzato, prodotto dalla **Sara Electronic Instruments**, è il **Sismografo DoReMi**: uno strumento innovativo che distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico. Il DoReMi presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

-) **Fino a 155 dB di dinamica (con uso del PGA) a qualsiasi frequenza di campionamento**
-) **Elevatissima immunità ai disturbi**
-) **Assolutamente zero diafonia (crosstalk)**
-) **Profondità di memoria 30 mila campioni**
-) **Campionamenti da 2 millisecondi fino a 50 microsecondi (da 500Hz a 20.000Hz)**
-) **Fino a 255 canali per singolo cavo**
-) **24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;**
-) **Massa battente pesante di 10 Kg per l'energizzazione sul punto di scoppio.**



Fig. 2: sismografo DoReMi e Cavo di registrazione.

PRINCIPI DI BASE:

2.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo **MASW** è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza 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) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. 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 e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una

combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi

METODOLOGIA UTILIZZATA:

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,
- (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,
- (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO IN SITO:

La strumentazione utilizzata in cantiere risulta costituita da:

-) Acquisitore multicanale con 24 canali.
-) 24 Ricevitori geofoni (4,5Hz) 24.
-) Sorgente impulsiva: mazza battente da 10kg con piastra in polimero circa R 20 cm, su cui battere da disporre sul terreno.
-) Bindella metrica per posizionare i ricevitori.
-) *Trigger per consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.*

3. - STENDIMENTO SISMICO SS1 -

3.1 MASW N.1

Il profilo sismico in oggetto è stato ubicato come mostrato nella figura seguente, caratterizzato da:
 LUNGHEZZA TOTALE DEL PROFILO 23 Mt;
 DISTANZA INTERGEOFONICA = 1 Mt

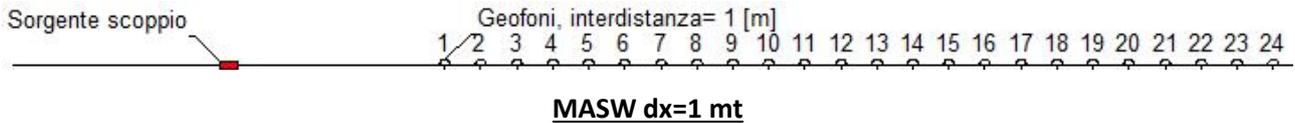


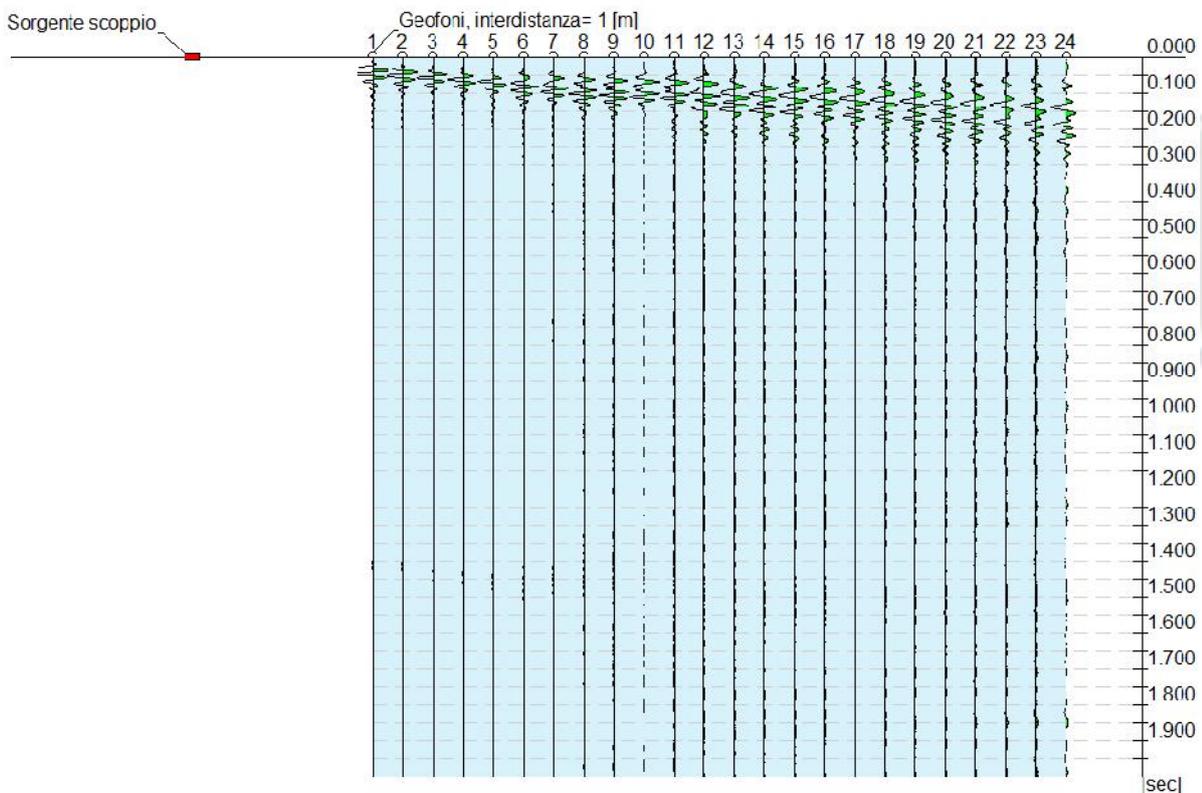
Fig. 3: schema relativo allo stendimento. In rosso, sono evidenziati i punti di energizzazione.

Il terreno è stato energizzato mediante l'utilizzo di una mazza **battente di massa pari a 10.00 kg**, con shot ground a -3 mt dal 1° geofono.

Per l'**elaborazione dei dati** è stato utilizzato il software **EasyMASW** della GEOSTRU per ottenere il **grafico di dispersione e l'elaborazione del profilo di Vs₃₀**.

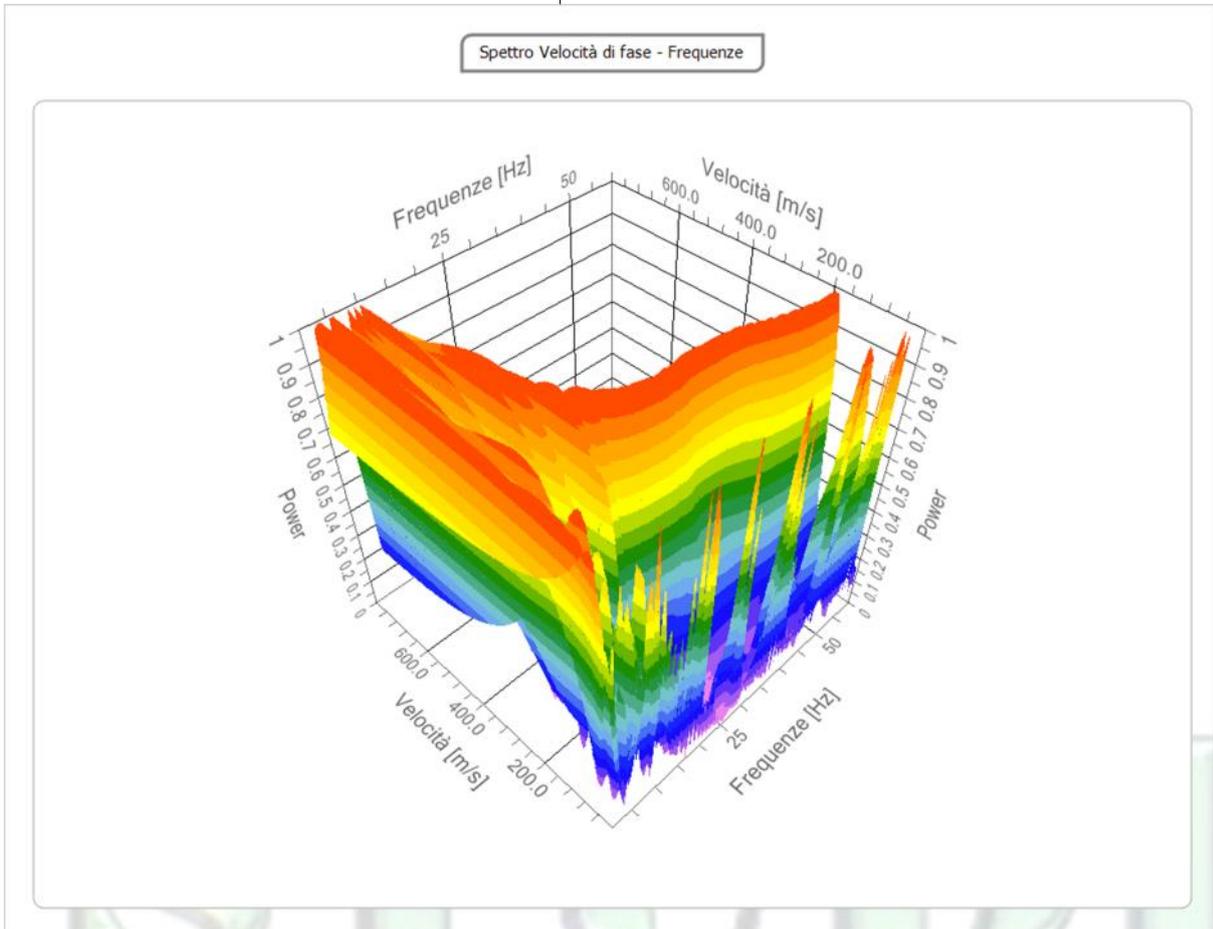
Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.0
Periodo di campionamento [msec]	0.50



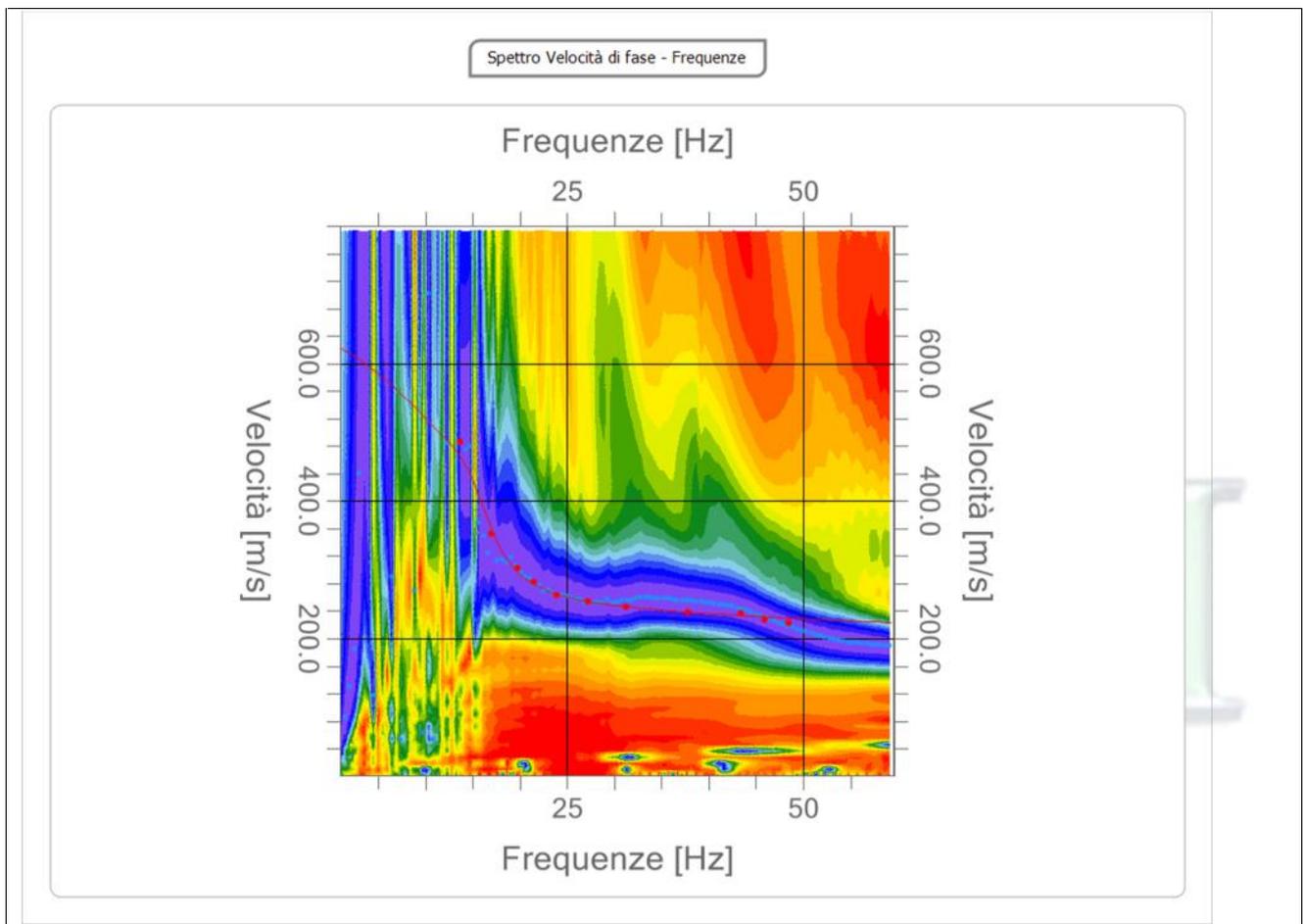
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



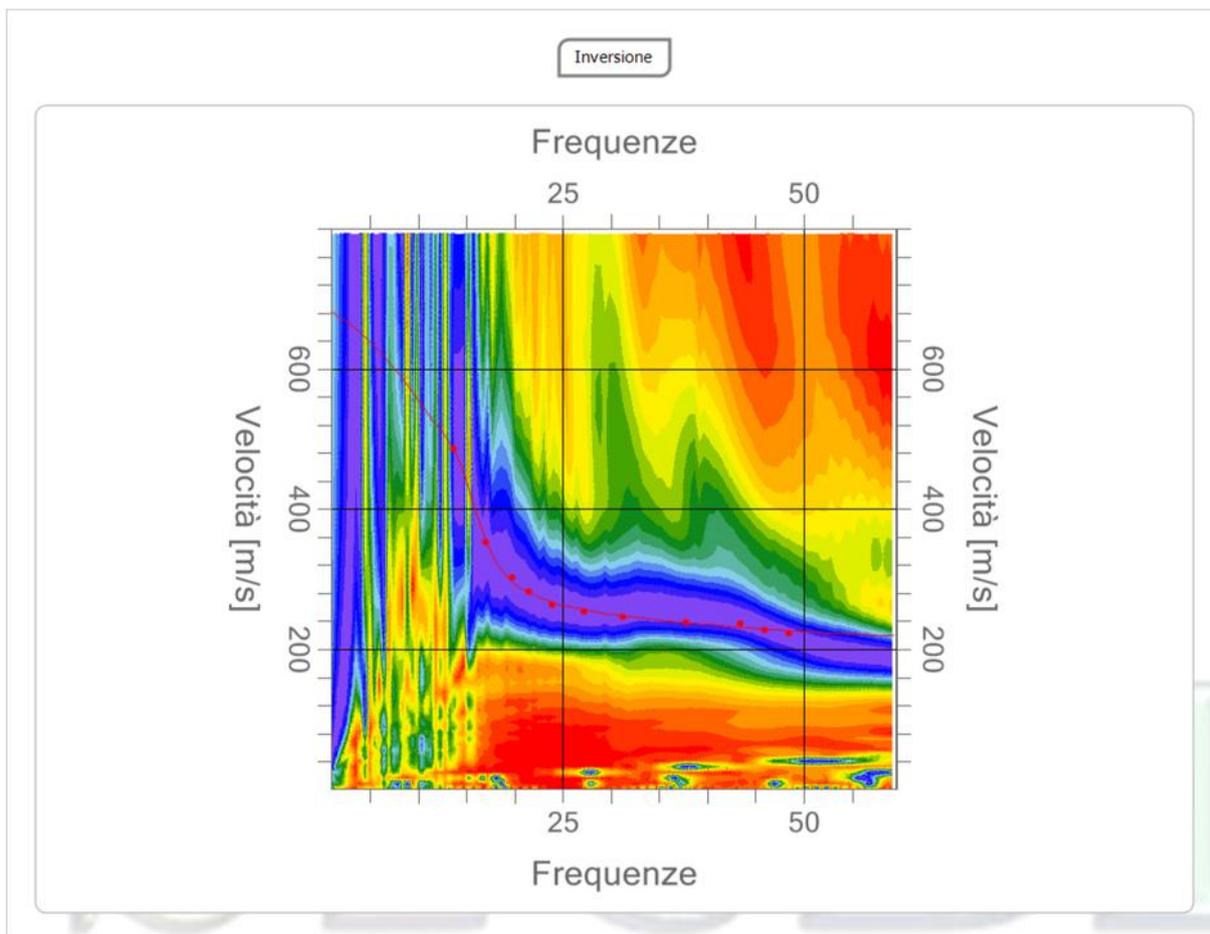
Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.6	486.3	0
2	17.0	352.3	0
3	19.7	303.3	0
4	21.4	282.0	0
5	23.8	264.1	0
6	27.2	254.3	0
7	31.3	246.1	0
8	37.7	237.9	0
9	43.4	236.3	0
10	45.9	228.1	0
11	48.4	223.2	0



Inversione

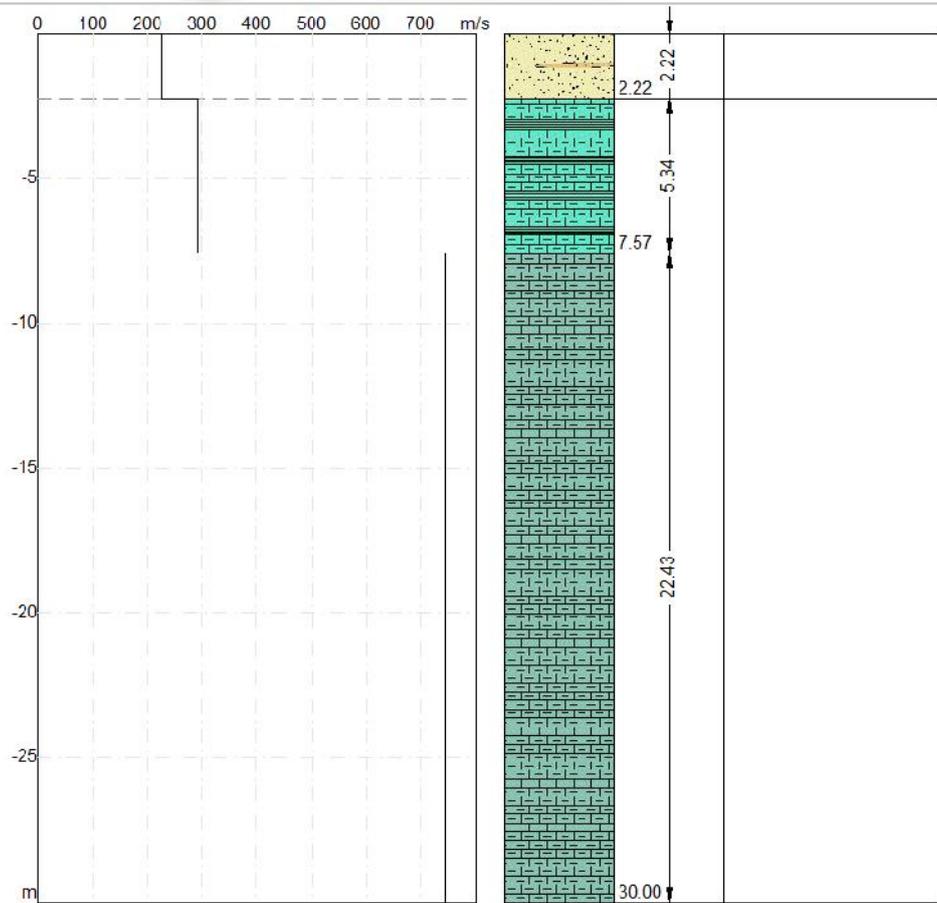
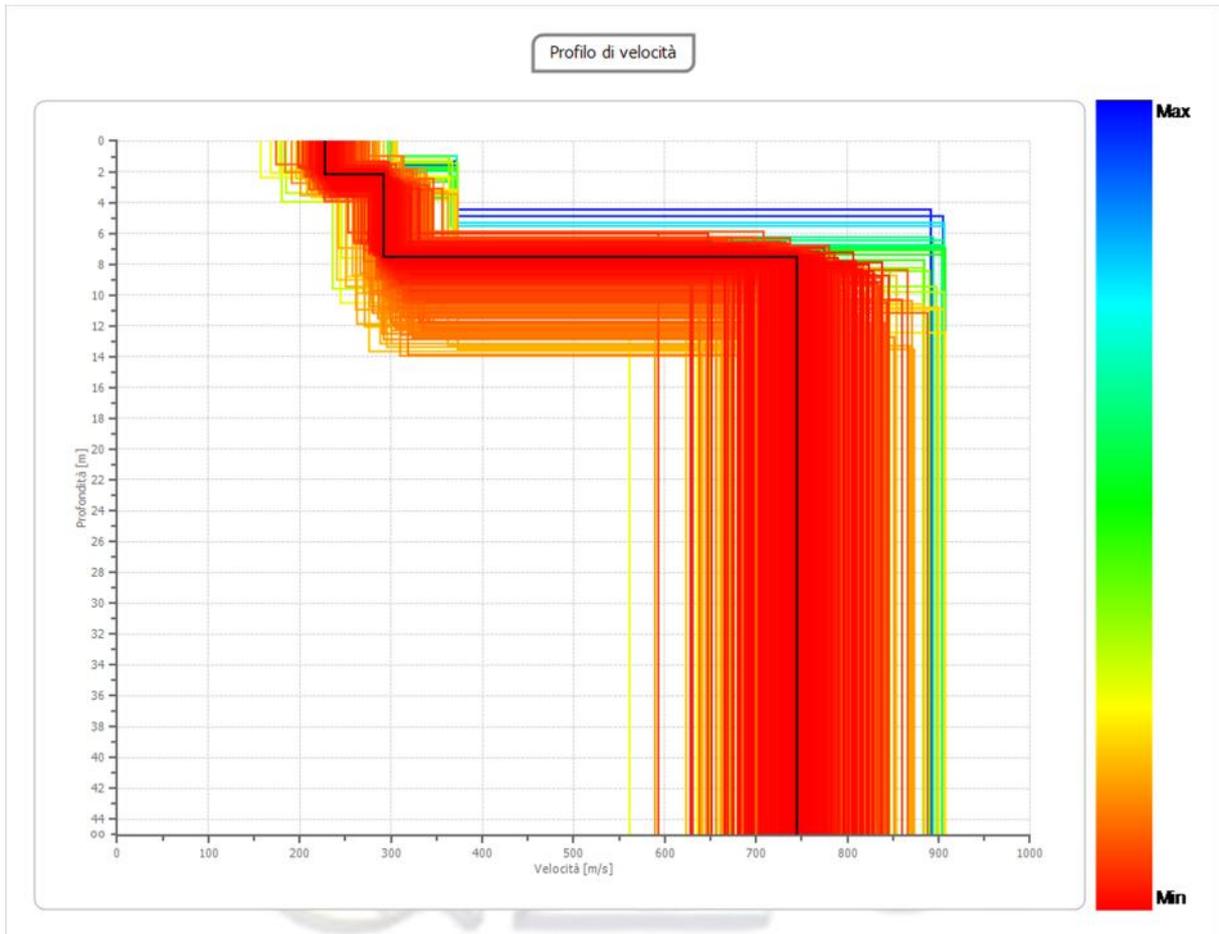
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.22	2.22	1800.0	0.3	425.1	227.2
2	7.57	5.34	1800.0	0.3	547.1	292.4
3	oo	oo	1800.0	0.3	1392.4	744.3



Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00	1.00	2.00
Vs,eq [m/sec] (H=30 m)	515	545	575
Categoria del suolo	B	B	B

Suolo di tipo B: 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.



4. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



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

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

CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 6,00 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

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

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : assente
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	----	1	1,00 - 1,10	11	40,9	----	2
0,10 - 0,20	3	11,7	----	1	1,10 - 1,20	11	40,9	----	2
0,20 - 0,30	8	31,3	----	1	1,20 - 1,30	11	40,9	----	2
0,30 - 0,40	20	78,3	----	1	1,30 - 1,40	8	29,8	----	2
0,40 - 0,50	6	23,5	----	1	1,40 - 1,50	4	14,9	----	2
0,50 - 0,60	5	19,6	----	1	1,50 - 1,60	4	14,9	----	2
0,60 - 0,70	7	27,4	----	1	1,60 - 1,70	4	14,9	----	2
0,70 - 0,80	4	15,7	----	1	1,70 - 1,80	10	37,2	----	2
0,80 - 0,90	5	18,6	----	2	1,80 - 1,90	35	124,0	----	3
0,90 - 1,00	9	33,5	----	2					

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

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

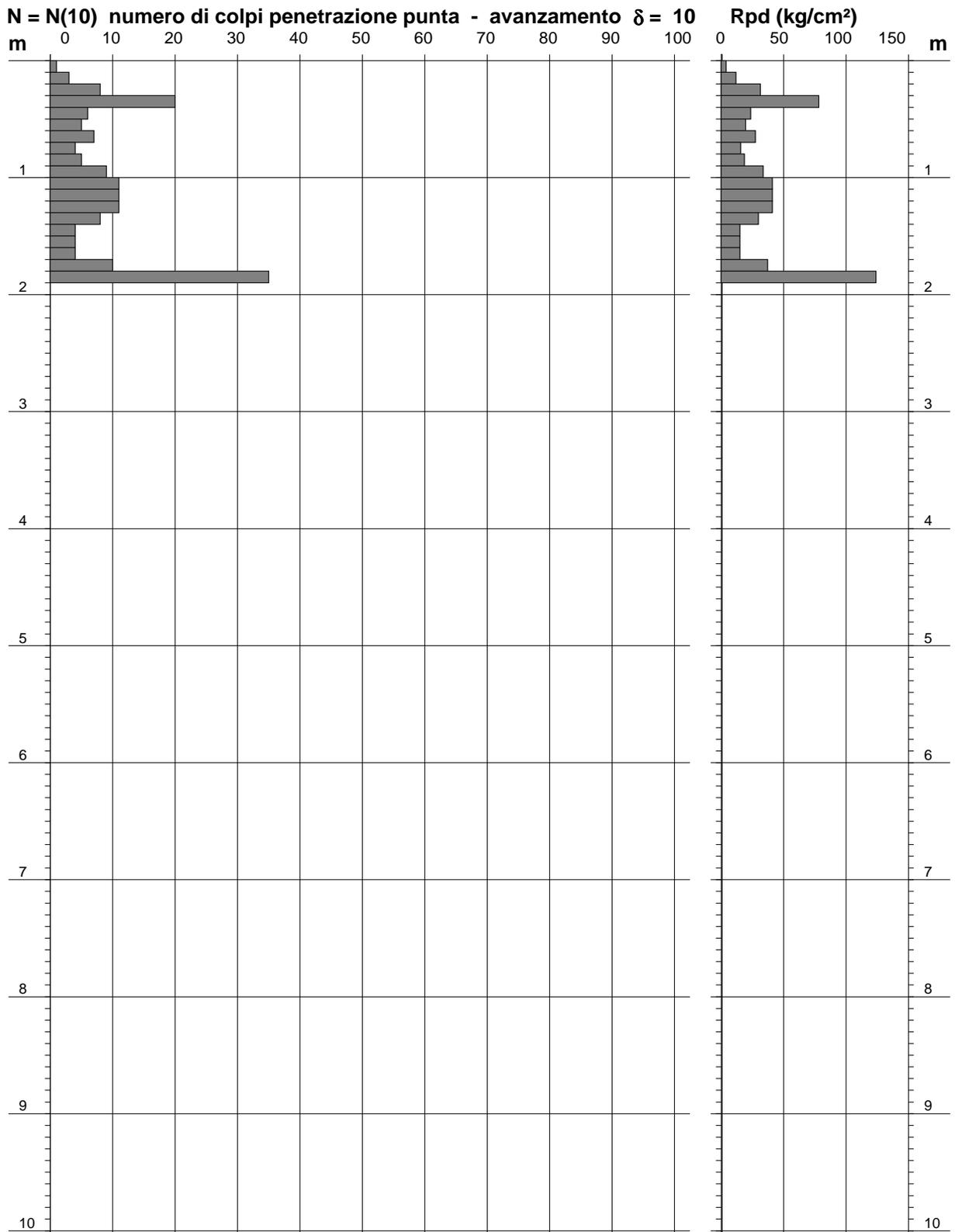
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : assente
 - pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA**

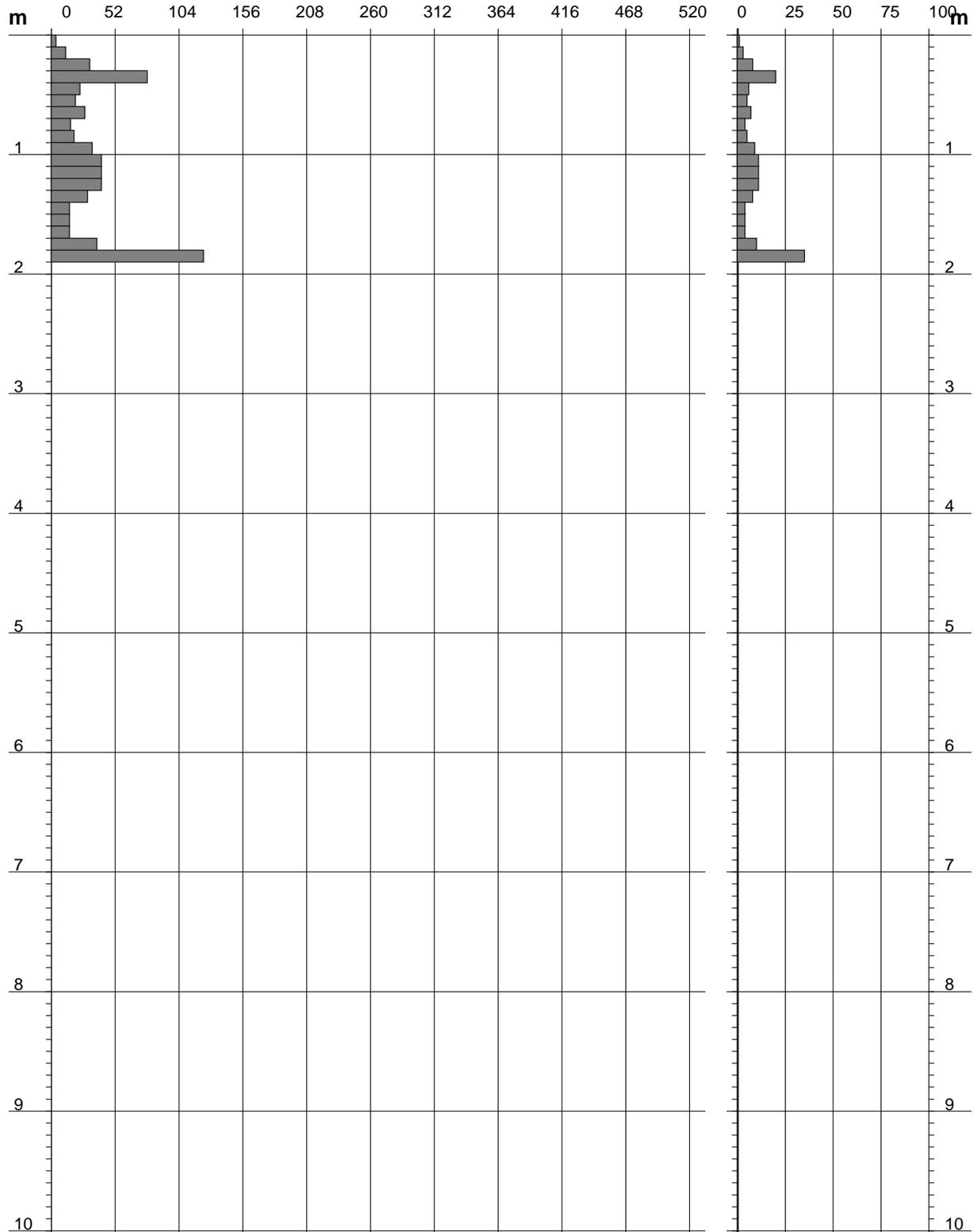
DIN 1
Scala 1: 50

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
- lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
- località : San Lazzaro - Isernia (IS)

- data : 16/04/2019
- quota inizio :
- prof. falda : assente

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(10) n° colpi $\delta = 10$



Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : assente
 - pagina : 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.80	Limo Sabbioso	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	----	----	----	----
2	1.80 1.90	Travertino	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	----	----	----	----

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,80	N	7,3	1	20	4,1	4,4	2,9	11,7	7	0,77	5
		Rpd	27,6	4	78	15,8	16,9	10,8	44,5	27		
2	1,80 1,90	N	35,0	35	35	35,0	----	----	----	35	0,77	27
		Rpd	124,0	124	124	124,0	----	----	----	124		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 10$ cm)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	----	1	1,00 - 1,10	10	37,2	----	2
0,10 - 0,20	2	7,8	----	1	1,10 - 1,20	10	37,2	----	2
0,20 - 0,30	19	74,3	----	1	1,20 - 1,30	9	33,5	----	2
0,30 - 0,40	20	78,3	----	1	1,30 - 1,40	9	33,5	----	2
0,40 - 0,50	18	70,4	----	1	1,40 - 1,50	8	29,8	----	2
0,50 - 0,60	13	50,9	----	1	1,50 - 1,60	10	37,2	----	2
0,60 - 0,70	12	47,0	----	1	1,60 - 1,70	10	37,2	----	2
0,70 - 0,80	13	50,9	----	1	1,70 - 1,80	10	37,2	----	2
0,80 - 0,90	10	37,2	----	2	1,80 - 1,90	35	124,0	----	3
0,90 - 1,00	11	40,9	----	2					

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

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm² - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

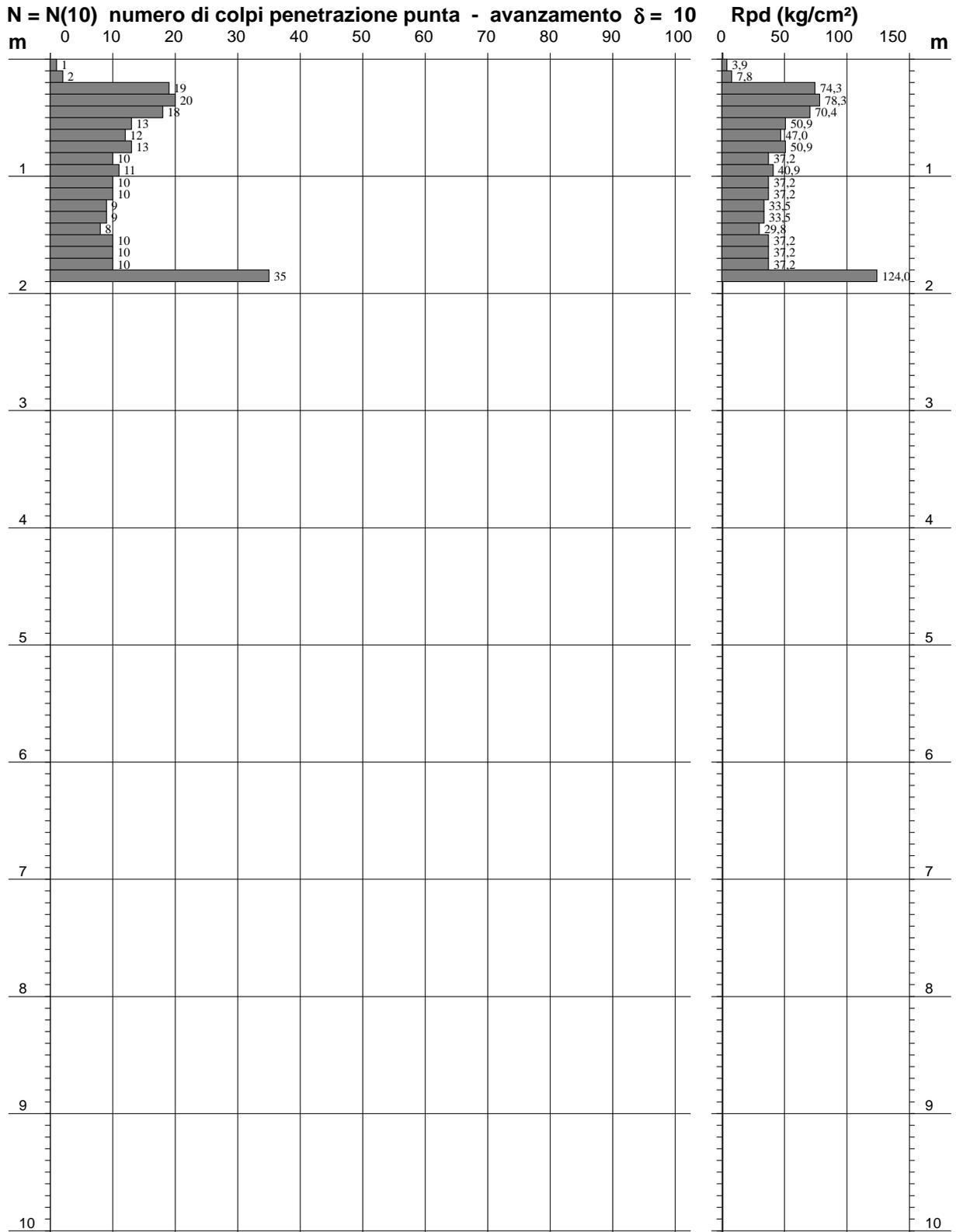
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

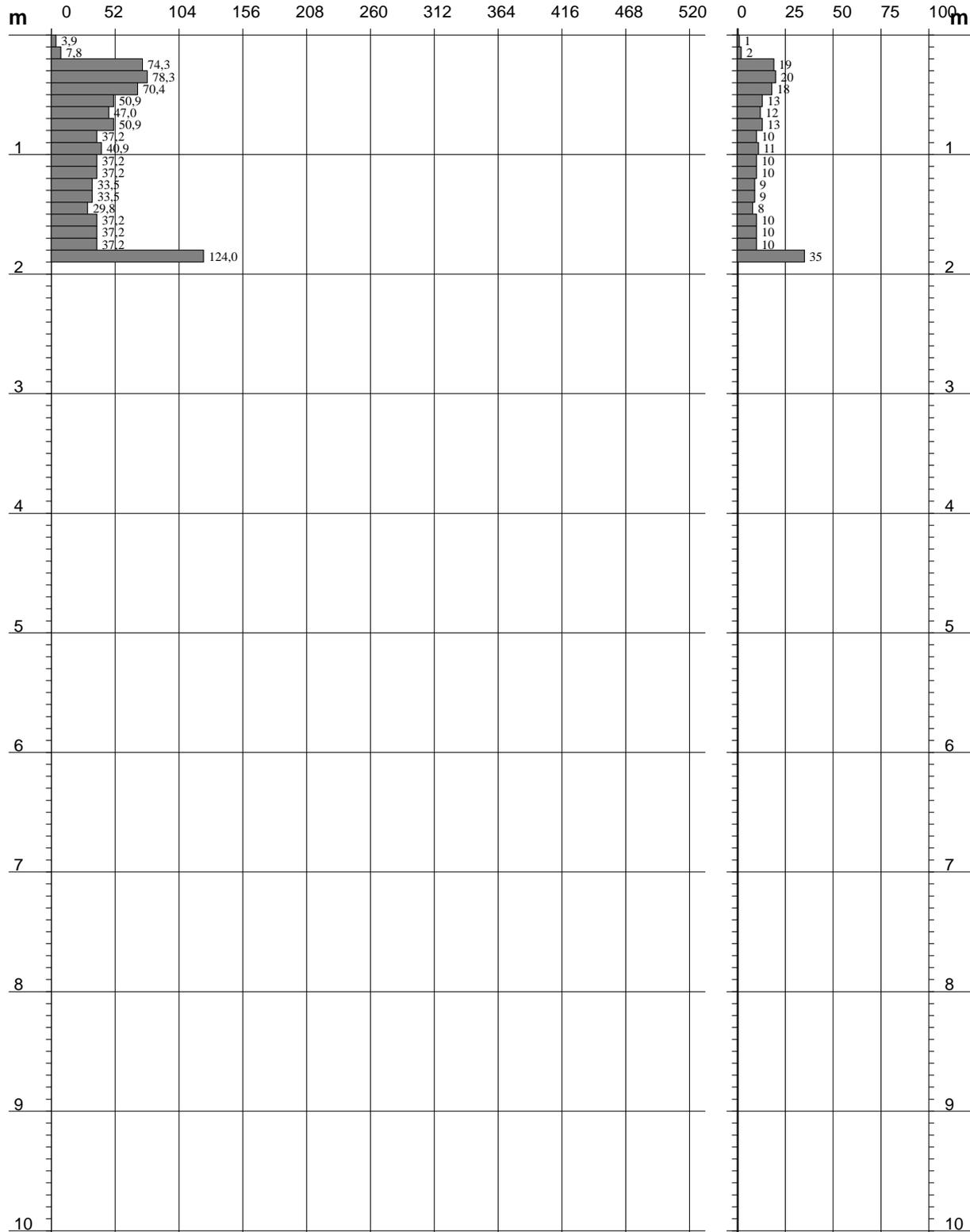
DIN 2
Scala 1: 50

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
- lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
- località : San Lazzaro - Isernia (IS)

- data : 16/04/2019
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(10) n° colpi $\delta = 10$



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Amministrazione Comunale Isernia
 - lavoro : Realizzazione microcentrale idroelettrica
 - località : San Lazzaro - Isernia (IS)
 - note :

- data : 16/04/2019
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,20	N	1,5	1	2	1,3	----	----	----	2	0,77	2
		Rpd	5,9	4	8	4,9	----	----	----			
2	0,20 1,80	N	12,0	8	20	10,0	3,7	8,3	15,7	12	0,77	9
		Rpd	45,8	30	78	37,8	15,4	30,4	61,2			
3	1,80 1,90	N	35,0	35	35	35,0	----	----	----	35	0,77	27
		Rpd	124,0	124	124	124,0	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio

N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)

β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 10$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.20	Materiali inerti	2	7.5	20.5	207	1.85	1.36	----	----	----	----
			9	31.7	26.6	261	1.92	1.48	----	----	----	----
3	1.80 1.90	Travertino	27	60.5	35.1	399	2.03	1.66	----	----	----	----

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace

E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua

e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata

Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

INDAGINE GEORADAR

-INDICE -

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO	3
3	DESCRIZIONE STRUMENTALE	7
4	RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE	8
5	CONCLUSIONI	9

ALLEGATI:

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE STRISCIAE GEORADAR;

RADARGRAMMI DERIVANTI DALLE STRISCIAE GEORADAR.



PREMESSA

Il presente elaborato tecnico, è stato redatto a seguito della campagna geofisica mediante prospezioni con sistema Georadar (G.P.R.), eseguite lungo Viale dei Pentri del Comune di Isernia (IS).

Nella fattispecie, le indagini condotte hanno avuto lo scopo di investigare il sottosuolo della sede stradale al fine di individuare i sottoservizi presenti.

In particolar modo, gli stendimenti con G.P.R. (ground probing radar) sono stati identificati in N. 9 strisciate caratterizzate da lunghezze ed orientamenti vari; tutti i radargrammi sono stati opportunamente ubicati sulla Planimetria di riferimento, consultabile in allegato.

Al fine di consentire una lettura più chiara, nei radargrammi, sono stati evidenziati marker (obiettivi) caratterizzati da costanti dielettriche differenti rispetto ai terreni di fondo.

DESCRIZIONE DEL METODO UTILIZZATO

Il Georadar o Ground Probing Radar (GPR) è una tecnica non distruttiva basata sull'immissione di impulsi di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (da 10 MHz a qualche GHz) nel sottosuolo e sulla ricezione degli echi radar riflessi da eventuali superfici di discontinuità.

La velocità di un'onda elettromagnetica nei materiali geologici approssimabili ai dielettrici è parallela alla velocità della luce fratto la radice quadrata della costante dielettrica relativa (ϵ_r) del mezzo attraversato:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Table 12.3 Table of relative dielectric constants and radiowave velocities for a range of geological and man-made materials

Material	ϵ_r	V(mm/ns)
Air	1	300
Water (fresh)	81	33
Water (sea)	81	33
Polar snow	1.4-3	194-252
Polar ice	3-3.15	168
Temperate ice	3.2	167
Pure ice	3.2	167
Freshwater lake ice	4	150
Sea ice	2.5-8	78-157
Permafrost	1-8	106-300
Coastal sand (dry)	10	95
Sand (dry)	3-6	120-170
Sand (wet)	25-30	55-60
Silt (wet)	10	95
Clay (wet)	8-15	86-110
Clay soil (dry)	3	173
Marsh	12	86
Agricultural land	15	77
Pastoral land	13	83
Average 'soil'	16	75
Granite	5-8	106-120
Limestone	7-9	100-113
Dolomite	6.8-8	106-115
Basalt (wet)	8	106
Shale (wet)	7	113
Sandstone (wet)	6	112
Coal	4-5	134-150
Quartz	4.3	145
Concrete	6-30	55-112
Asphalt	3-5	134-173
PVC, Epoxy, Polyesters	3	173

Data from Johnson *et al.* (1979), McCann *et al.* (1988), Morey (1974), Reynolds (1990b, 1991b)

FIGURA 2: COSTANTE DIELETTRICA RELATIVA E VELOCITÀ DELLE ONDE ELETTROMAGNETICHE DI ALCUNI MATERIALI GEOLOGICI MISURATE ALLA FREQUENZA DI 100 MHZ.

Tali valori sono da considerarsi come termini di riferimento poiché, quasi mai esse corrispondono alle caratteristiche dielettriche in condizioni di campagna.

Come si può dedurre dalla stessa tabella, la risposta dielettrica degli altri materiali può essere fortemente influenzata dal loro contenuto d'acqua o fluidi in genere a bassa viscosità.

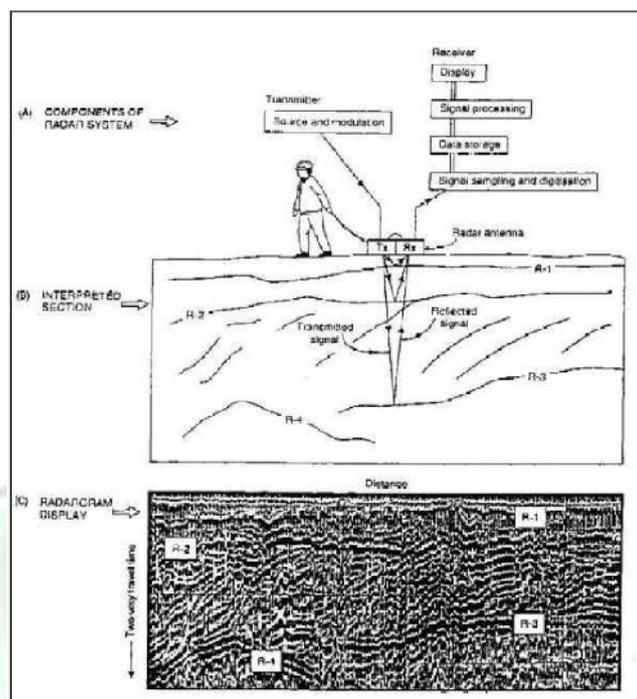


FIGURA 3: A) SCHEMA ILLUSTRANTE L'EMISSIONE E L'ACQUISIZIONE DI ONDE ELETTRICHE DA PARTE DI UN SISTEMA GPR; B) SEZIONE INTERPRETATA; C) RADARGRAMMA.

Quando l'onda elettromagnetica intercetta la superficie (riflettore) di un mezzo a differente costante dielettrica relativa, dovuta a cambiamenti litologici nel contenuto volumetrico d'acqua o a presenza di anomalie nel terreno (es. sotto servizi), si verifica la scissione del raggio incidente in un raggio riflesso ed un raggio rifratto attraverso le leggi di Snell.

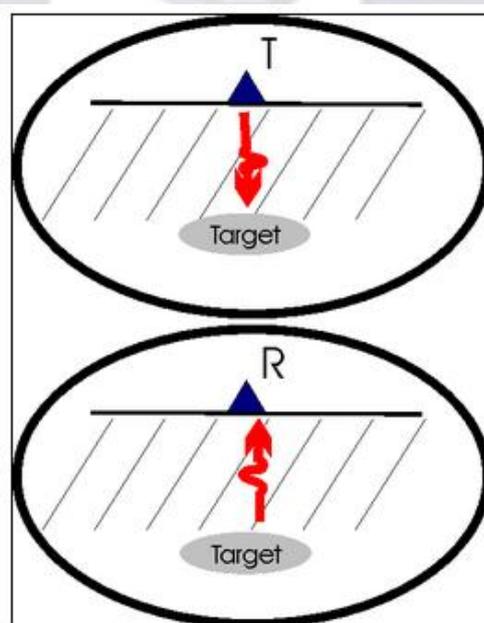


FIGURA 4: MECCANISMI DI FUNZIONAMENTO DEL GEORADAR:

- Un'antenna trasmette un segnale di tipo impulsivo (ondina);

- L'ondina intercettando un oggetto immerso in un mezzo omogeneo (discontinuità elettromagnetica) e viene in parte respinta in superficie (riflessione);In superficie l'ondina riflessa viene raccolta da un'antenna ricevente.

I sistemi radar possono essere impiegati in tre configurazioni base che permettono di:

1. Lavorare in riflessione;
2. Effettuare l'analisi di velocità;
3. Lavorare in trasparenza.

Il modo più comune di operare è il **common-offset single-fold**, che consiste nello spostare o trascinare sul terreno una coppia di antenne (trasmittente/ricevente) o il sistema che le contiene, mantenendone costante la distanza reciproca.

Questa modalità è eseguita attraverso sistemi georadar Bi-statici.

Gli oggetti rappresentati in un radar-gramma hanno proprietà geometriche riconducibili solo in parte alla forma reale degli oggetti sepolti.

Prima di eseguire l'interpretazione di una sezione radar, può essere molto utile, se non necessario, effettuare il **processing dei dati**, al fine di evidenziare le riflessioni d'interesse e ridurre i disturbi.

Il processing può comportare semplici operazioni di normalizzazione e filtraggio tramite apposite funzioni all'interno del software di elaborazione.

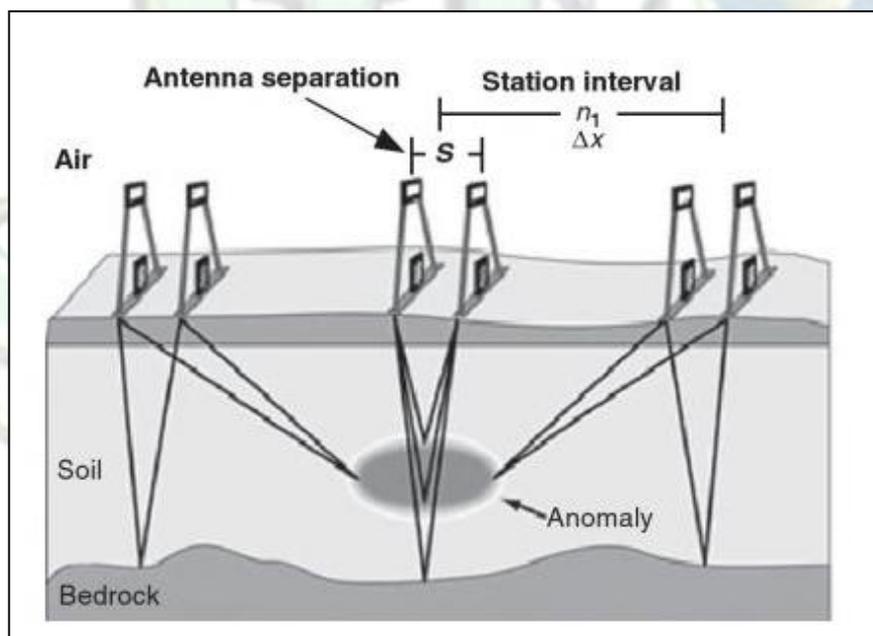


FIGURA 5: MODALITÀ DI ACQUISIZIONE DEL COMMON-OFFSET SINGLE-FOLD.

L'elaborazione dei dati a copertura singola è basata sulle seguenti sequenze di procedura:

- De-wow;
- Background removal;
- Analisi e correzione d'ampiezza;
- Analisi spettrale e filtraggio passa-alta;
- Deconvoluzione;
- Filtraggio passa-banda.

DESCRIZIONE STRUMENTALE

DETECTOR DUO

Il sistema utilizzato in sito è indicato col nome di **Detector Duo** della casa madre Boviari di Milano.

Il Detector Duo è in grado di rilevare in tempo reale la presenza di tubi, cavi superficiali e profondi, altri oggetti interrati, in modo semplice e veloce.

Dotato di due antenne trasmettenti con lunghezze d'onda di 250 ÷ 700 MHz, per eseguire scansioni ad alta risoluzione nelle porzioni più superficiali e nelle porzioni più profonde (**Shallow and/or Deep**).

Quindi, non è necessario sostituire l'antenna per coprire lo stesso sito due volte.



FIGURA 6: GPR UTILIZZATO IN SITO

Si possono localizzare tubi, cavi profondi e superficiali oppure anomalie nei mezzi attraversati, con un'unica scansione radar risparmiando tempo e costi.

La visione simultanea delle due antenne in tempo reale combina ad un'alta risoluzione la maggiore capacità di penetrazione in profondità.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tempo operativo	fino a 10 ore
Dimensione antenna	60 x 37 cm
Peso	15 Kg
Antenna	Integrata 250 +700 MHz frequenza, schermata
Software	Multi-lingue
Calibrazione	Automatica

→ **PUNTI DI FORZA**

- Strumento compatto, flessibile e leggero per aumentarne la manovrabilità.
- Carrello richiudibile facilmente, trasportabile e maneggevole.
- Archiviazione e stampa dei dati, per una facile stesura di relazioni.
- Interfaccia software semplice e facile da utilizzare adatta anche a non esperti.
- Calibrazione automatica di tutti i parametri all'avvio. Non è necessario inserire i valori della velocità di propagazione o della costante dielettrica del terreno.
- Comandi semplici e riconoscibili per l'inserimento dei tubi e dei cavi rilevati.
- Pattino dell'antenna facilmente sostituibile.



FIGURA 7: ESEMPIO DI RITROVAMENTO DI SOTTOSERVIZIO

RISULTATI DELLE PROSPEZIONI ESEGUITE

Gli stendimenti con G.P.R. (ground probing radar) sono stati identificati in N. 9 strisciate caratterizzate da lunghezze ed orientamenti vari, con i radargrammi sono stati opportunamente ubicati sulla Planimetria di riferimento allegata.

Il software utilizzato per l'elaborazione denominato **GresWin2**, è sviluppato dalla IDS Spa.

La profondità di indagine, considerando la natura litologica del sottosuolo, è stata di circa 2,00 metri.

Le indagini Georadar hanno permesso di verificare la presenza di impianti e sottoservizi idrici e urbani al di sotto del piano di calpestio.

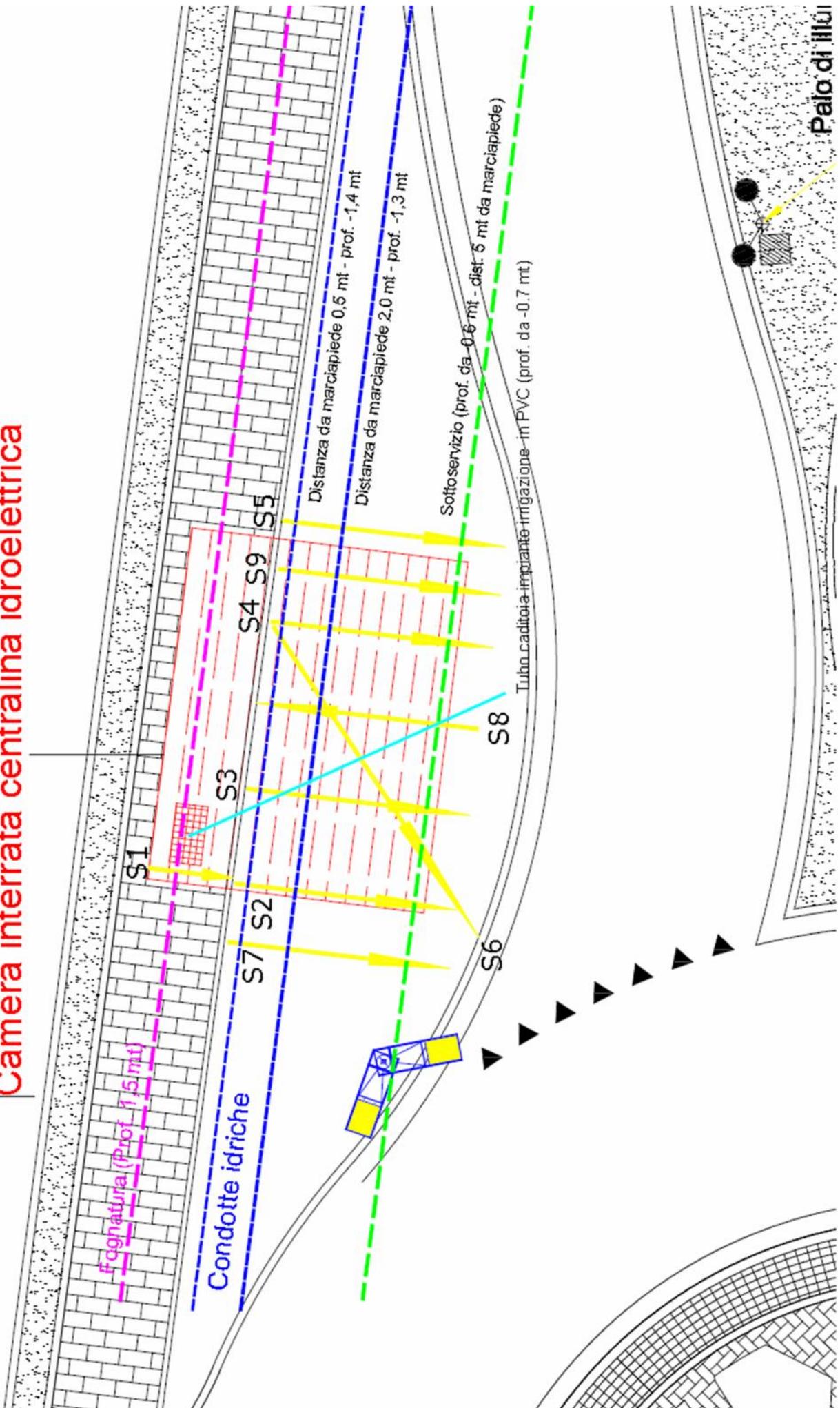
In particolare sono state rilevate a una profondità di circa 1,3 mt dal p.c. le due condotte idriche esistenti, in prossimità del marciapiede oltre a un altro sottoservizio parallelo posto a quota di circa 0,60 mt e a 5 mt dal bordo del marciapiede e al tubo in PVC dell'impianto di irrigazione, posto trasversalmente che finisce nel tombino delle acque reflue posto sul marciapiede.

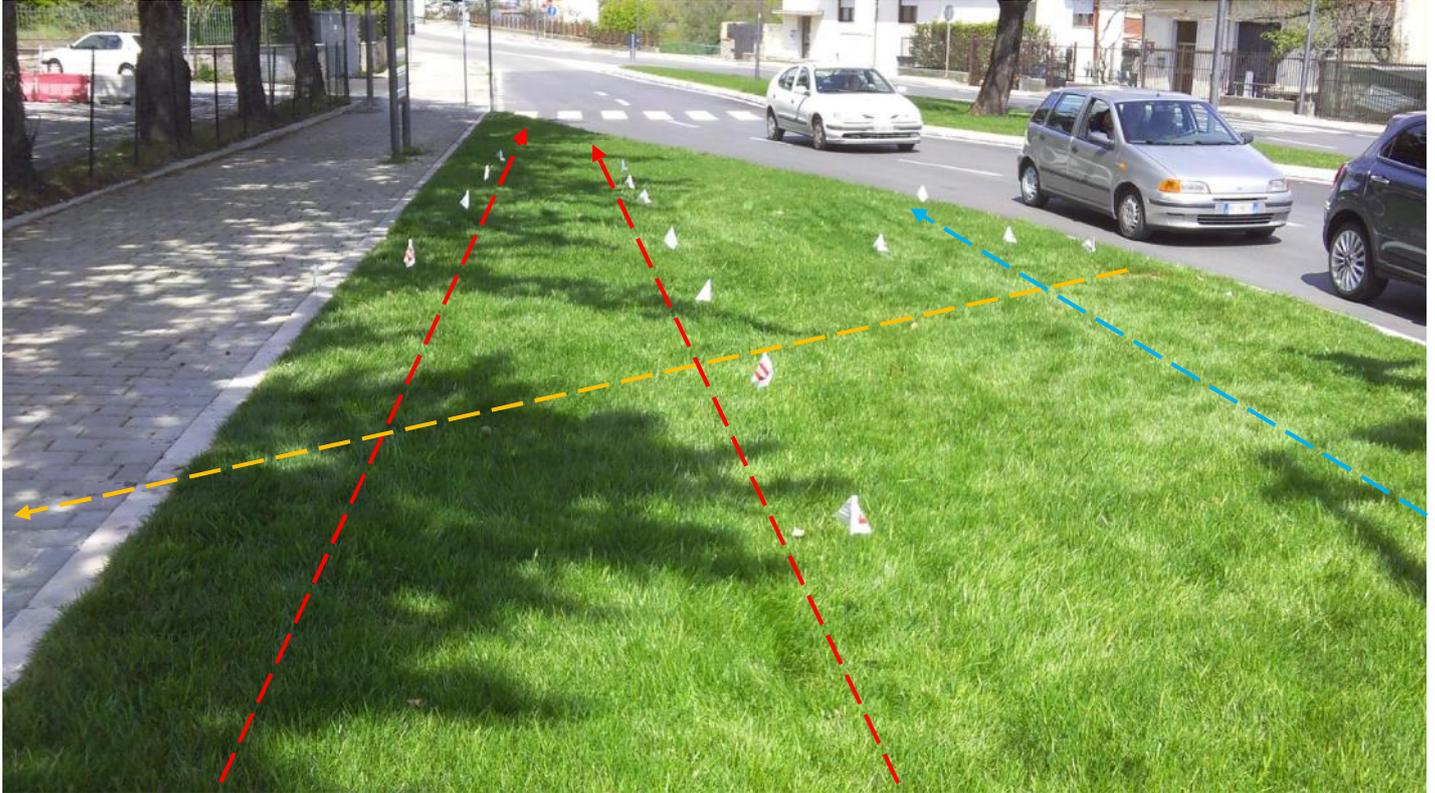
Si fa presente che i valori della profondità forniti, sono soggetti ad una tolleranza di misura del $\pm 15\%$, attribuibile alla variazione della velocità degli impulsi georadar nei tipi di terreno, materiali di riporto e di sottofondo presenti nell'area di indagine.

Per profondità si intende sempre la distanza dal p.c. alla discontinuità dielettrica riflettente più vicina alla superficie (sommità del bersaglio).

GEOSTUDI

Camera interrata centralina idroelettrica

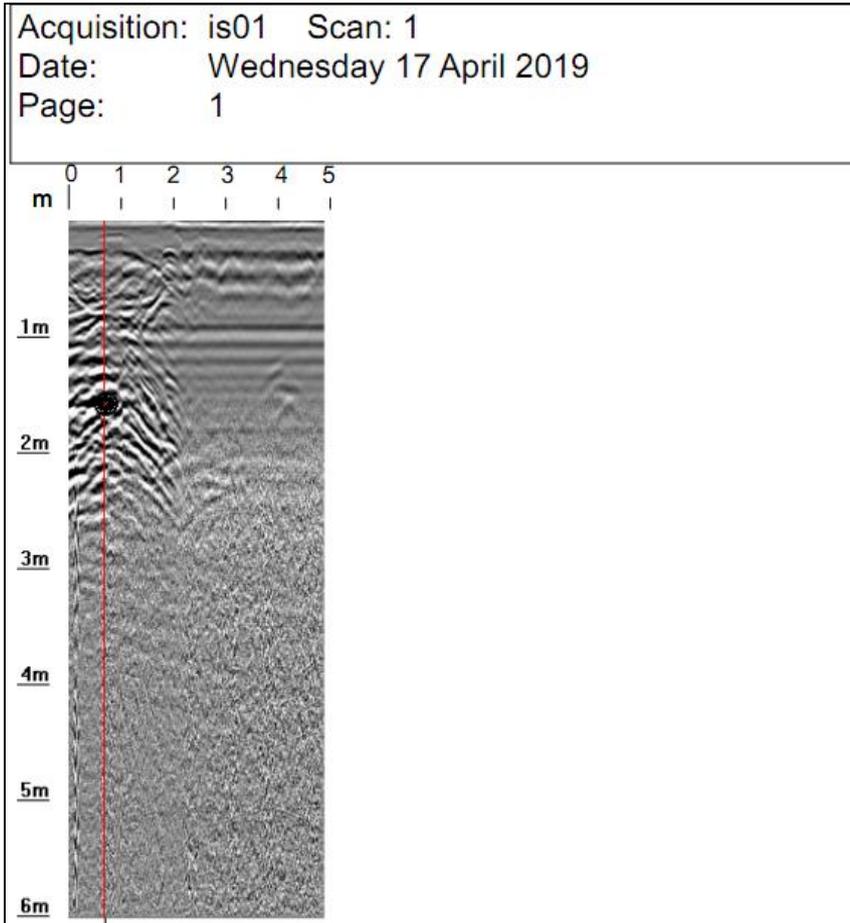




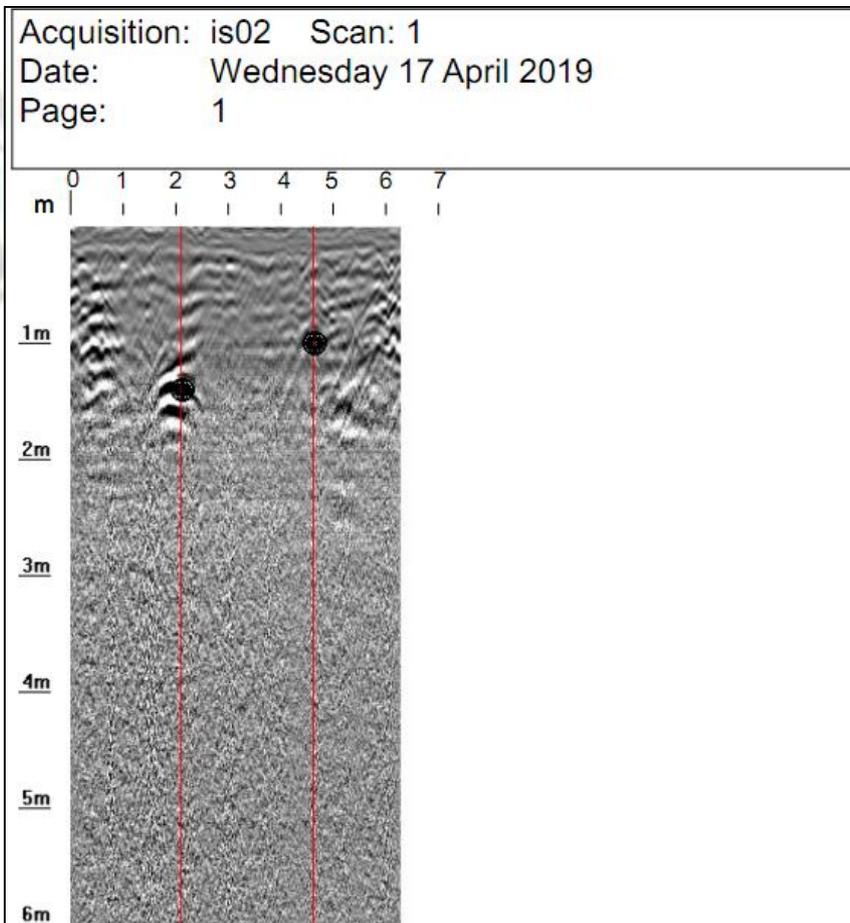
Legenda:

-  **Condotta idrica**
-  **Sottoservizio**
-  **Caditoia impianto irrigazione**

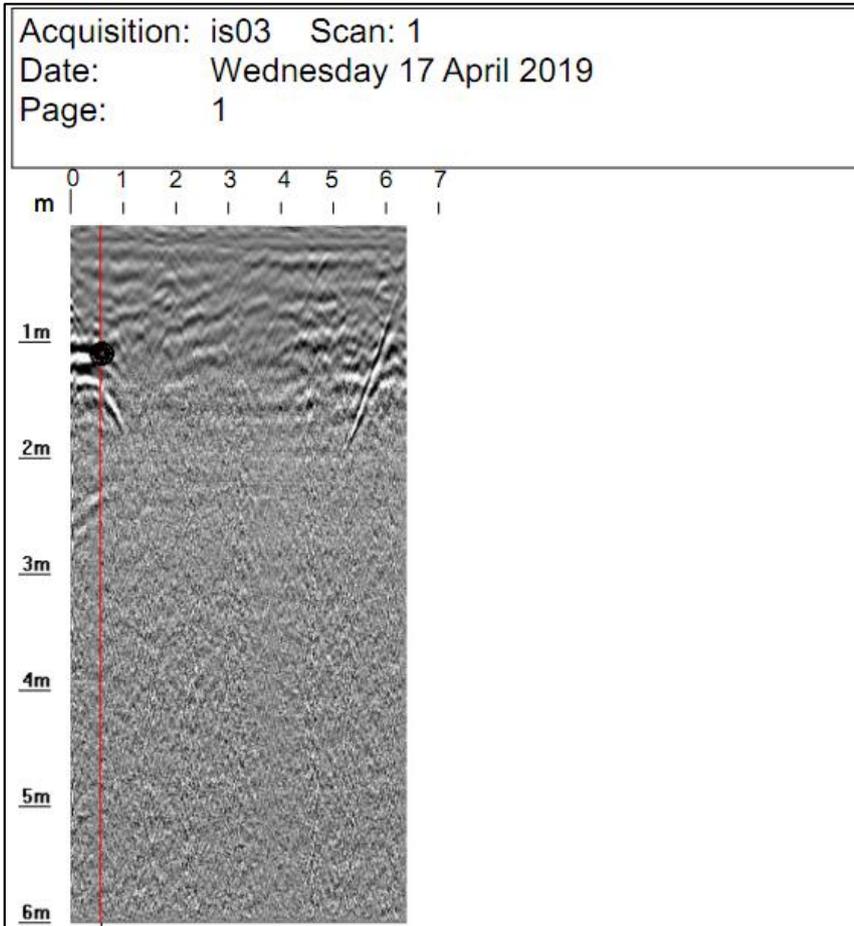
S1



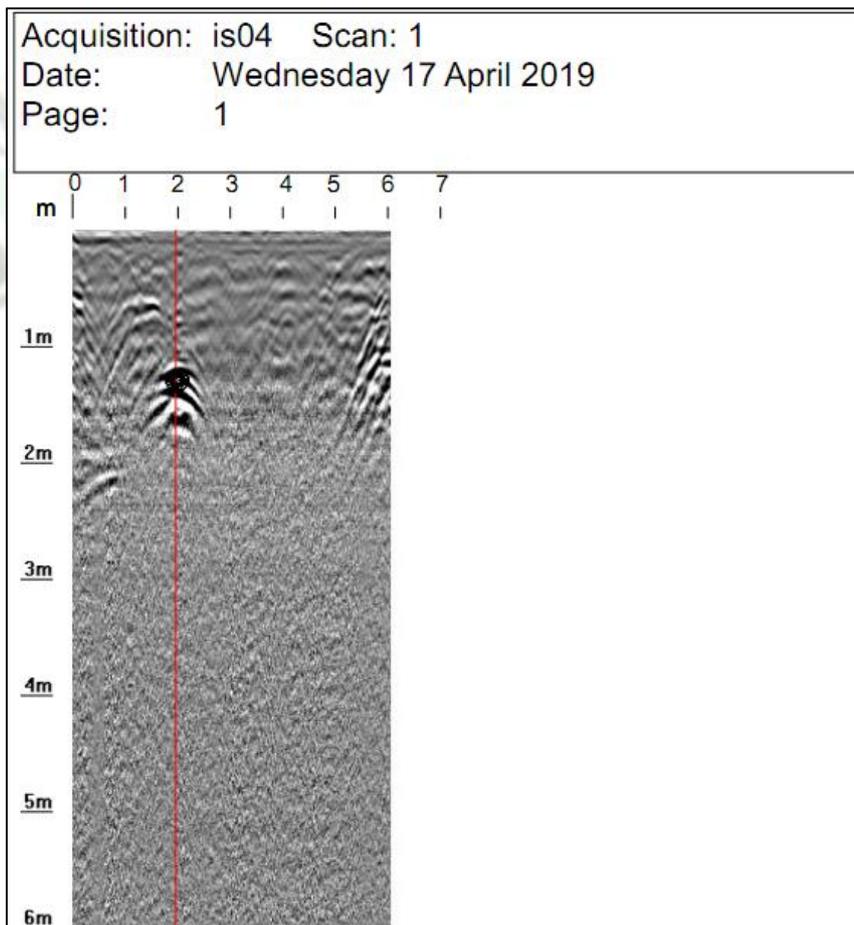
S2



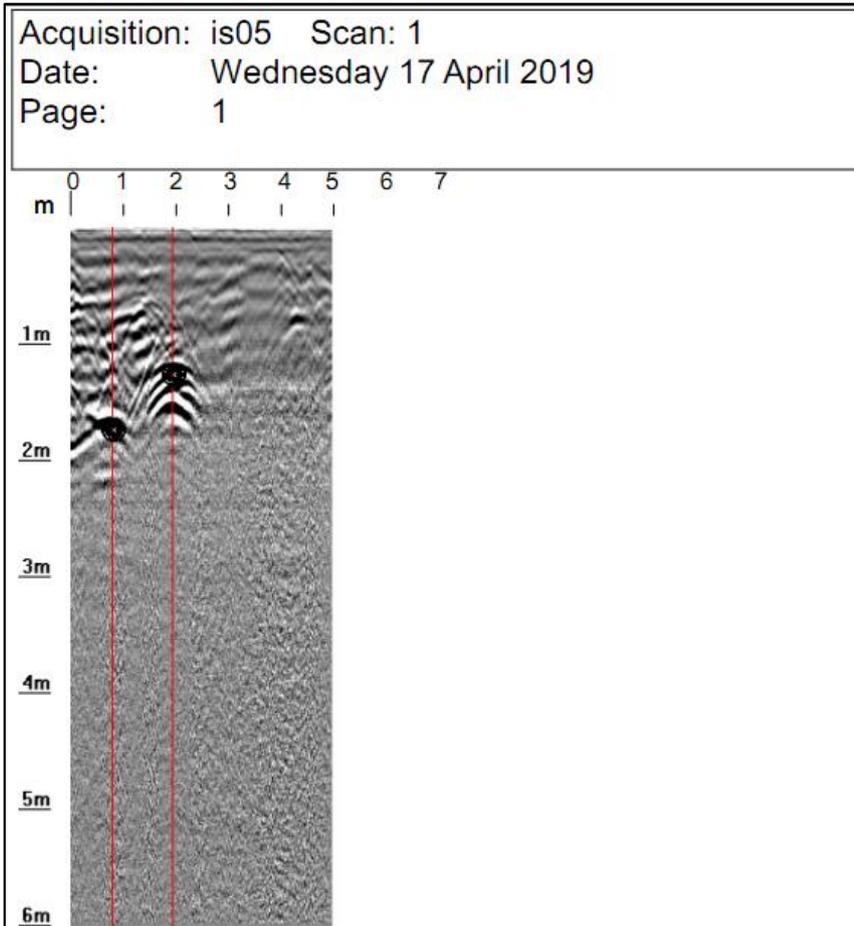
S3



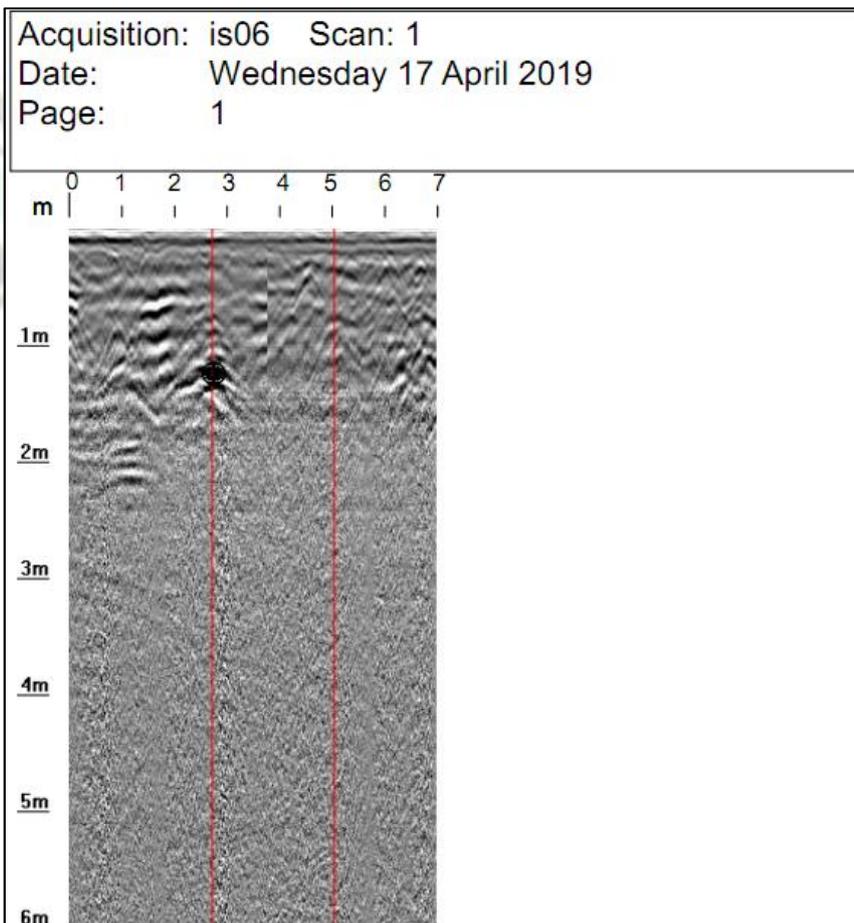
S4



S5

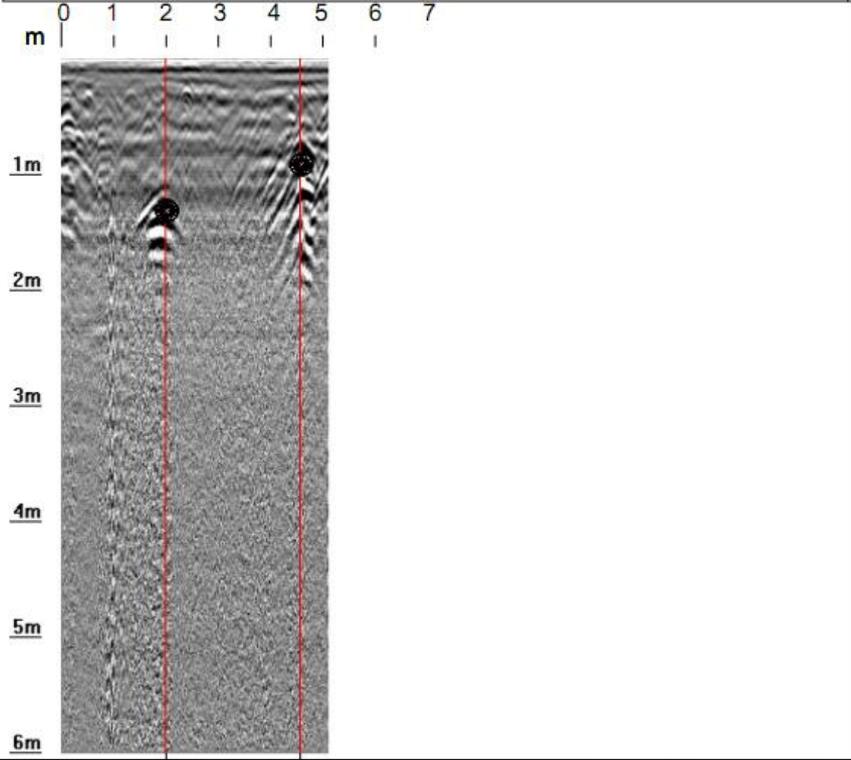


S6



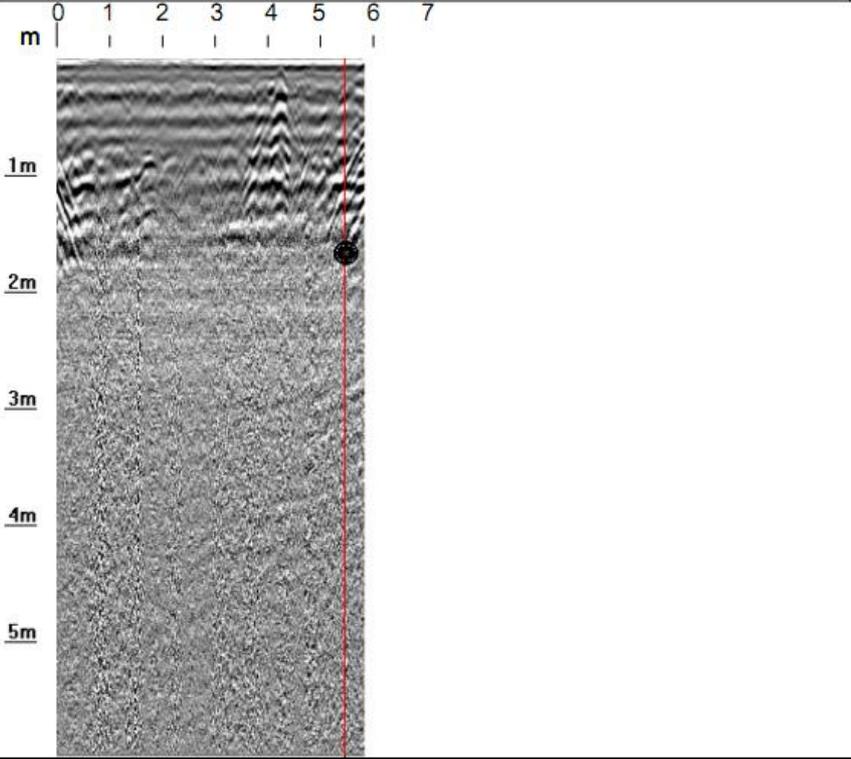
S7

Acquisition: is07 Scan: 1
Date: Wednesday 17 April 2019
Page: 1



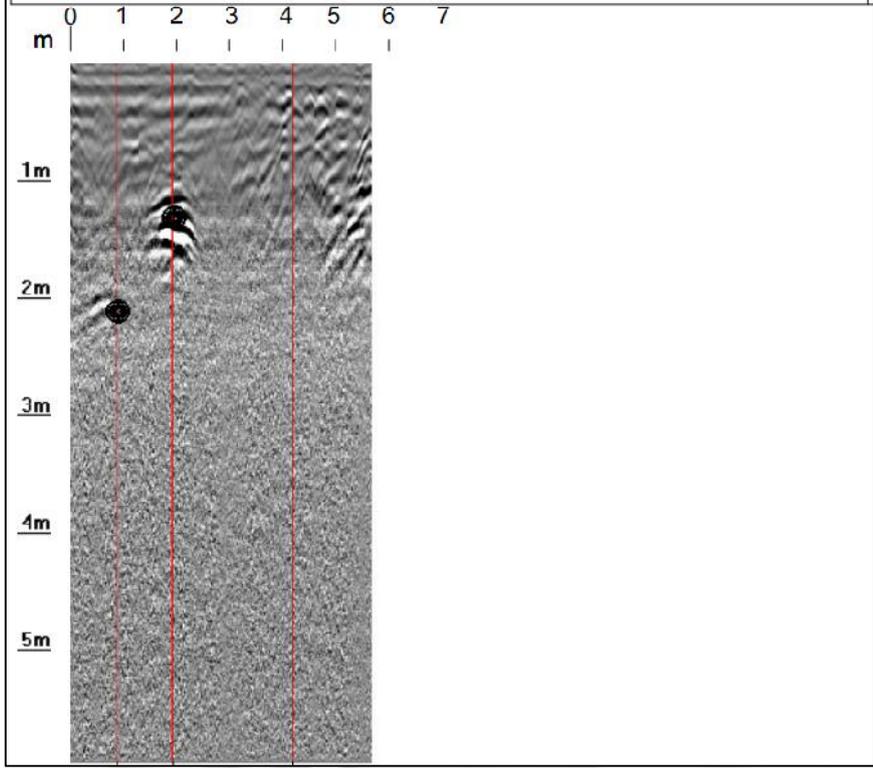
S8

Acquisition: is08 Scan: 1
Date: Wednesday 17 April 2019
Page: 1



S9

Acquisition: is09 Scan: 1
Date: Wednesday 17 April 2019
Page: 1



STUDI

5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.



Foto 1: indagine sismica SS1, punto di battuta MASW.



Foto 2: Esecuzione SPT n.1



Foto 3: Esecuzione SPT n.2