

## STUDIO GEOLOGICO Francesco Tassi

Via Raffaello Sanzio 48, 61043 CAGLI (PU)

Tel. 0721/782976 PEC: [francesco.tassi@pec.sitsrl.net](mailto:francesco.tassi@pec.sitsrl.net) e-mail [geotassi@libero.it](mailto:geotassi@libero.it)

C.F. TSSFNC86R23B352B P.I. 02604270419



### COMUNE DI CAGLI REGIONE MARCHE (PROVINCIA DI PESARO E URBINO)



Oggetto:

**VARIANTE PARZIALE DEL PIANO REGOLATORE DI CAGLI.**

Documento:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Il Tecnico:

**Dott. Geol. FRANCESCO TASSI**



Committente:

**COMUNE DI CAGLI**

**Piazza Matteotti n.1**

**61043 Cagli (PU)**

Data:

Cagli dicembre 2023

Per P.V. :

# ***INDICE***

Premessa	3
1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	3
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA	4
3. VINCOLISTICA DELL'AREA E PRG	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	8
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	9
6. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOFISICHE	12
7. CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE E CLIMATOLOGIA	13
8. IDROLOGIA	13
9. IDROGEOLOGIA	15
10. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	15
11. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	17
12. PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA	17
13. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA	18
14. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI E F.A.	20
15. POTENZIALI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE	25
16. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI	26

Alla presente relazione vengono allegati grafici:

- a) Tav. I cartografia IGM a scala 1:25.000
- b) Tav. II Carta Tecnica Regionale a scala 1:10.000
- c) Tav. III estratto mappa catastale a scala 1:3.000
- d) Tav. IV Carta geologica a scala 1:10.000
- e) Tav. V Cartografia PAI a scala 1:10.000
- f) Tav. VI Cartografia geomorfologica a scala 1:10.000
- g) Tav. VII Carta delle indagini
- h) Tav. VIII Sezione A-B
- i) Tav. IX Sezione C-D
- l) stratigrafia nuove indagini DPSH e sondaggi
- m) scheda nuova MASW
- n) indagini reperite

## Premessa

Su incarico del Comune di Cagli con determina n.874 07-12-2023 del Responsabile del servizio Arc. Edoardo Trocchi, il sottoscritto Dott. Geologo Francesco Tassi nato a Cagli il 23/10/1986 iscritto all'albo dell'Ordine Geologi della Regione Marche n.930 dal 22/01/2016 con studio professionale in via Raffaello Sanzio n.48 Cagli (PU), ha improntato un'indagine finalizzata ad illustrare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici per definire un modello geologico in relazione alla modifica di destinazione urbanistica dell'area adiacente il campo sportivo Matteo Blasi di Acquaviva, dove l'Amministrazione del Comune di Cagli intende realizzare una cittadella dello sport.

L'indagine, svolta in conformità alle NTC 2018, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- reperimento di documentazione geologica (cartografia e dati) esistente per l'area di studio e siti limitrofi;
- rilievi di superficie per l'acquisizione di un quadro generale delle condizioni geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- programmazione, esecuzione ed assistenza alla campagna geognostica mediante prove in sito ed indagini sismiche consistenti in n.3 prove penetrometriche DPSH per definire stratigrafia e parametri geotecnici, n.1 MASW per ricavare le Vseq;
- elaborazione dei dati e stesura della relazione geologica.

## **1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

Per quanto riguarda la normativa vigente, ci si è attenuti a quanto previsto da:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri. n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- L.R. n° 34 del 5 agosto 1992 "norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio";
- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019 - Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- D.P.R. 380/2011 Testo unico per l'edilizia;
- P.R.G. del Comune di Cagli adottato dal C.C. n. 56 del 03.06.1998;
- Eurocodice 7 progettazione geotecnica-Parte 1: regole generali;
- Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Delibera Consiglio Regionale n°116 del 21 gennaio 2004 Piano di stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) e suoi successivi aggiornamenti 2016 e 2022;
- L.R. 22/11 "criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative riguardanti la compatibilità idraulica" con D.G.R. n. 53 del 27/01/2014 (BUR Marche n.19 del 17/02/2014);
- Piano Paesistico Ambientale Regionale (PPAR) legge 08/08/1985 n. 431 e L.R. 08/06/1987 n. 26.
- L.R. 12 giugno 2007, n. 6 "Modifiche ed integrazioni alle leggi regionali 14 aprile 2004, n. 7, 5 agosto 1992, n. 34, 28 ottobre 1999, n. 28, 23 febbraio 2005, n. 16 e 17 maggio 1999, n. 10. Disposizioni in materia ambientale e Rete Natura 2000"

## 2. UBICAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio dista circa 4,7 km dal centro storico del Comune di Cagli. Il sito è inquadrato nell'area del campo sportivo della frazione di Acquaviva (Tav. I), raggiungibile attraverso la Strada Provinciale Cagli-Pergola n° 424 e successivamente prendendo la Strada Provinciale Frontone-Serra n° 42.

L'area oggetto di variante comprende una superficie di circa 3,30 ha e quote comprese tra i 372-362 m s.l.m. I riferimenti cartografici sono di seguito riassunti:

### RIFERIMENTI CARTOGRAFICI INTERVENTI

TAVOLA I.G.M (25.000)	FOGLIO 291 IV FRONTONE
C.T.R. (10.000)	SEZIONE 291050 FRONTONE
CATASTALE COMUNE DI CAGLI (2.000)	FOGLIO 194 PARTICELLE 7-33-736-737-827-870-871-872-873-874-875-876
CARTA GEOLOGICA REGIONALE (10.000)	SEZIONE 291050 FRONTONE
CARTA GEOLOGICA CARG	FOGLIO 291 PERGOLA
CARTA GEOMORF. REGIONALE (10.000)	SEZIONE 291050 FRONTONE
CARTOGRAFIA PAI (10.000)	TAV RI 27 C

### COORDINATE DI RIFERIMENTO

COORDINATE WGS84	N	43.532631°	E	12.690095°
QUOTA DI RIFERIMENTO m. s.l.m.	372-362			

## 3. VINCOLISTICA DELL'AREA E PRG

Di seguito si riportano estratti cartografici del PRG del Comune di Cagli, del PTC di Pesaro-Urbino e del Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche.

Nel P.R.G. del Comune di Cagli l'area ricade attualmente nelle **zone C2 (zone di espansione), C4 (Zone di espansione mista residenziale-artigianale) e F4 (area per parcheggi pubblici)**.

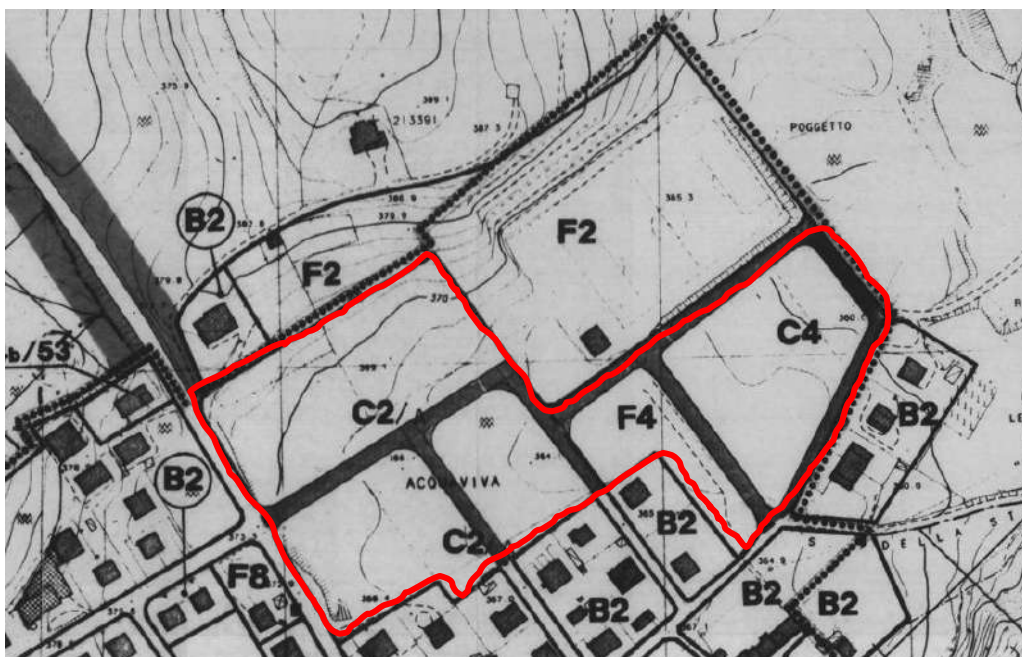


Fig.1 Estratto P.R.G. del Comune di Cagli. In rosso l'area.



**Il sito non ricade in un'area posta a vincolo idrogeologico secondo R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267 (fig.2).**

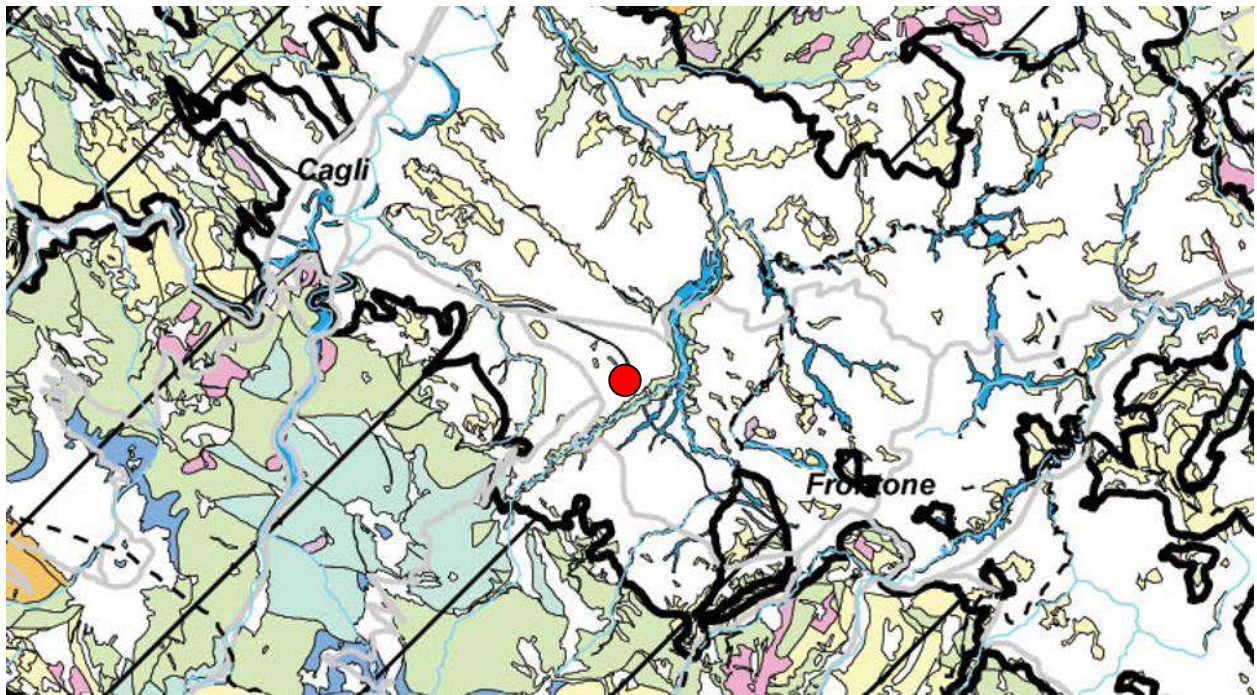


Fig.2 Cartografia del Vincolo Idrogeologico. In rosso il sito.

**Il sito ricade in fascia APPENNINICA secondo il PPAR della Regione Marche (fig.3).**

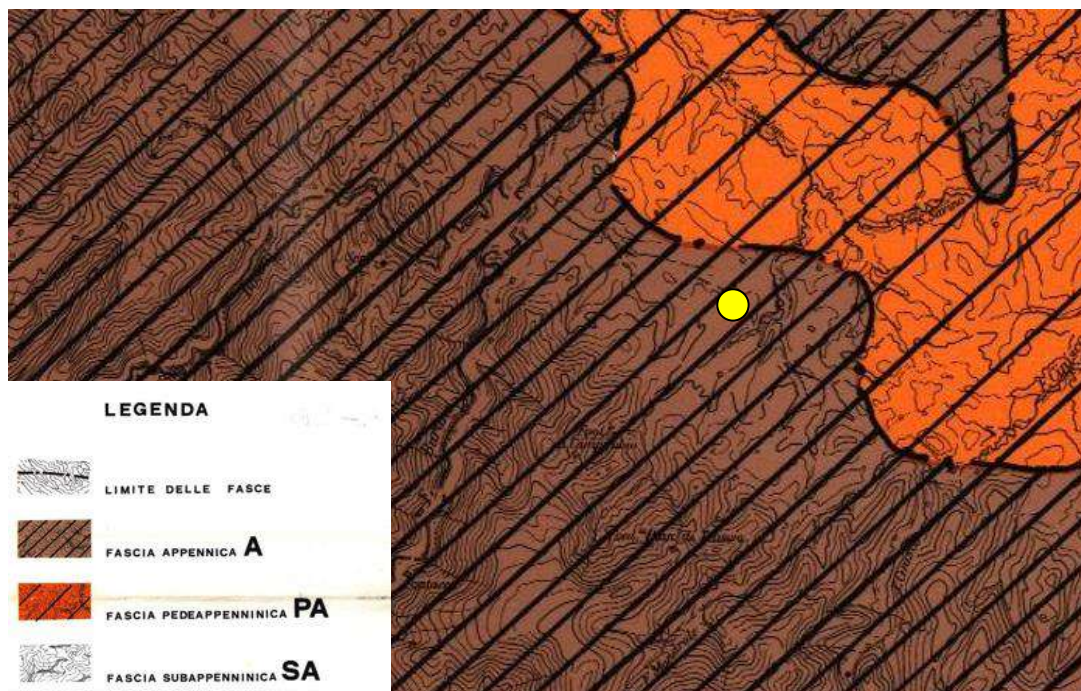


Fig.3 Cartografia delle fasce appenniniche del PPAR. In giallo il sito



Il sito ricade in fascia GB di RILEVANTE VALORE secondo il PPAR della Regione Marche (fig.4).

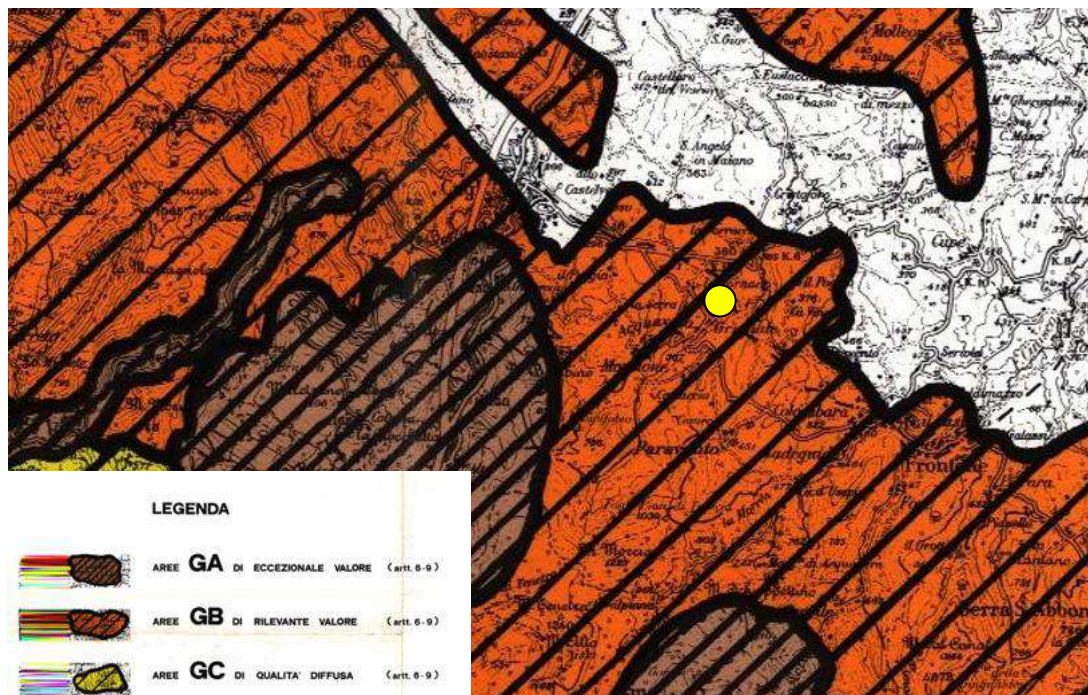


Fig.4 Cartografia delle fasce di valore paesaggistico del PPAR. In giallo il sito.

Nel sito non vi sono emergenze geologiche secondo il PPAR della Regione Marche (fig.5).

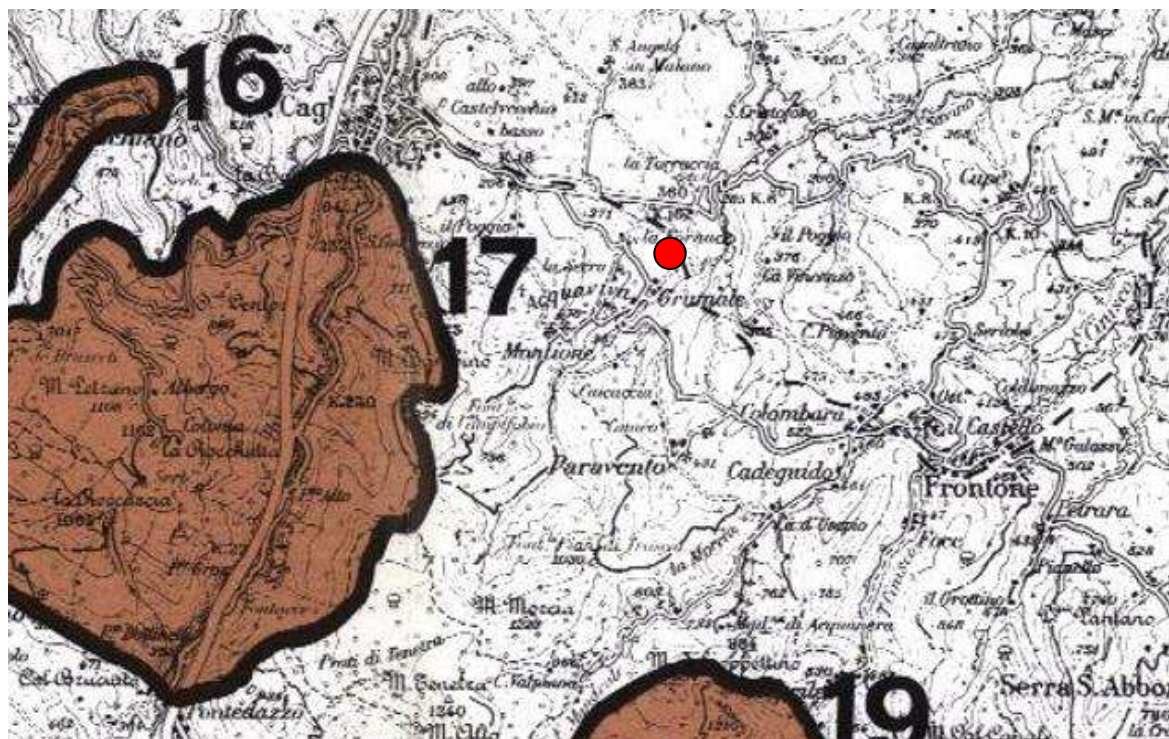


Fig.5 Cartografia delle emergenze geologiche del PPAR. In rosso il sito.



Il sito attualmente è utilizzato come "seminativo" secondo la Corine Land Cover 2000 (fig.6).

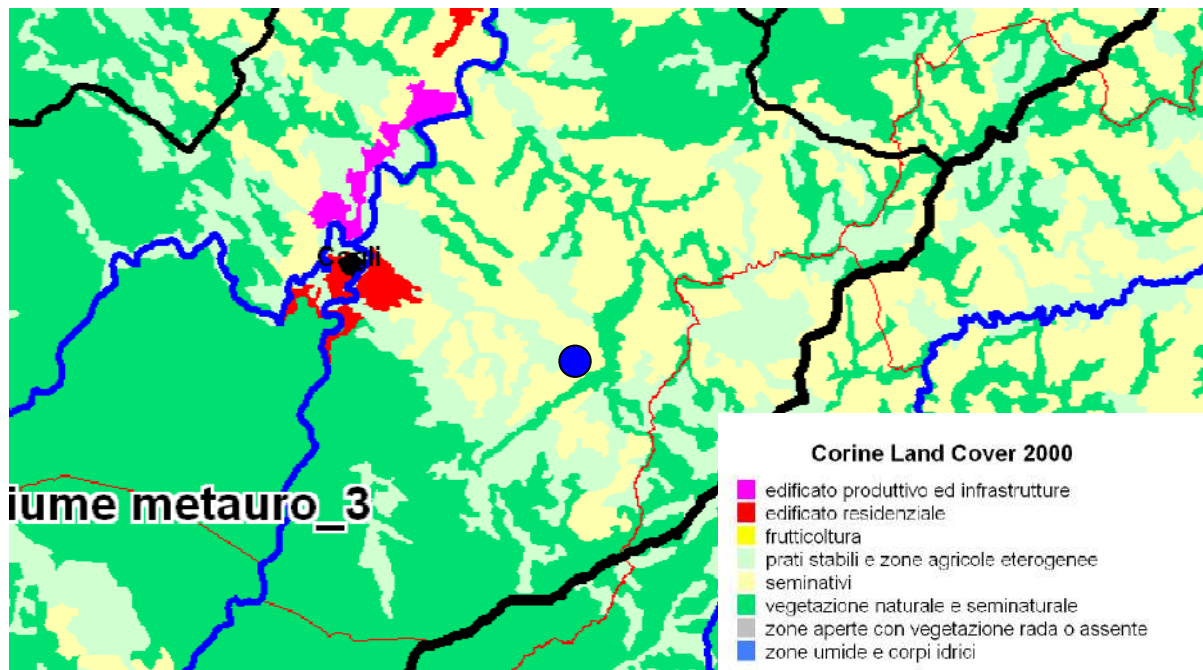


Fig.6 Cartografia Corine Land Cover 2000. In blu il sito.

Il sito non ricade in un'area a tutela naturalistica (fig.7).



Fig.7 Cartografia dei vincoli naturalistici della provincia di Pesaro-Urbino. In rosso il sito.

Nel sito non vi sono vincoli ambientali secondo il PPAR della Regione Marche (fig.8).



Fig.8 Cartografia dei vincoli ambientali del PPAR. In rosso il sito.

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE**

Il quadro geologico generale è stato ricostruito attraverso un rilevamento geologico dell'area, dall'esame diretto degli affioramenti in zone limitrofe, nonché dal reperimento e consultazione di materiale cartografico e bibliografico prodotto in letteratura.

La zona è posta strutturalmente a NE dell'Appennino Umbro-Marchigiano, qui rappresentata dalla Dorsale Catria-Acuto, che è orientata NO-SE e con vergenza adriatica (fig.9-10). Questa piega, di origine tettonica, si è strutturata a partire dal Miocene sup e successivamente sviluppata negli ultimi 15 milioni di anni. Dal Serravalliano al Pleistocene medio è stato attivo un campo di sforzi compressivo che, generatosi nelle aree interne ombre a Sud-Ovest, si è propagato verso l'Adriatico a Nord-Est. Questo sistema ha comportato un racconciamento delle formazioni geologiche presenti nell'area e la tettonica compressiva ha generato strutture plicative rappresentate da sistemi *thrust-folds* (pieghe e faglie), con direzione di allungamento NO-SE e vergenza Nord-orientale.

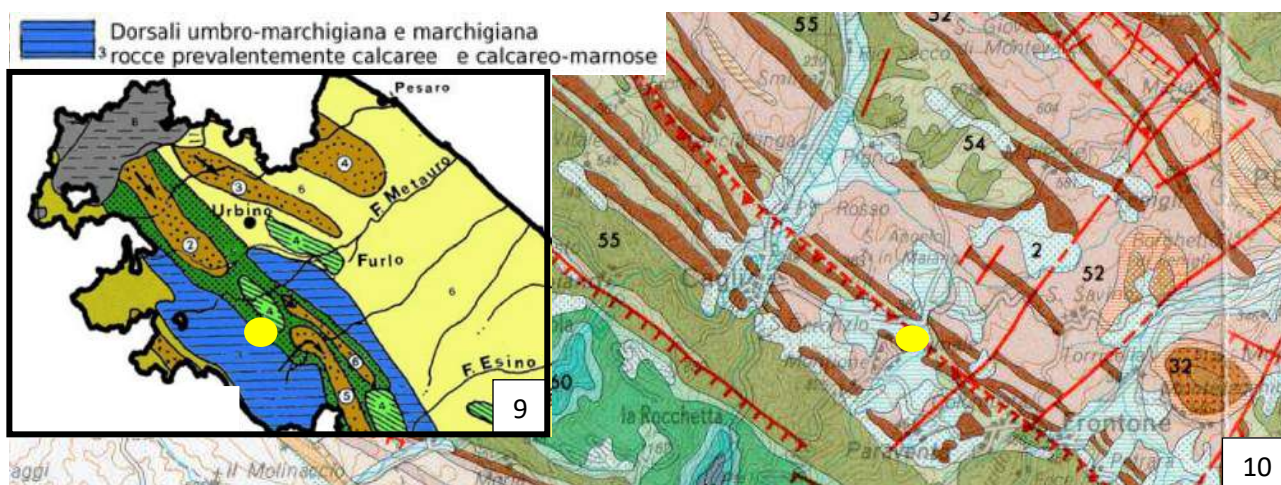


Fig.9 Schema geologico regionale estratta da Centamore e Micarelli 1991, modificata da Principi, Bettucci, Carotti. Fig.10. schema tettonico dell'area (verde chiaro Scaglia Variegata-Cinerea, rosa Schlier, marrone Bisciaro). In giallo il sito di studio.



La progressiva deformazione ha interessato le formazioni più superficiali suddividendo il settore in una successione alternata di pieghe anticlinaliche e sinclinaliche con lunghezza d'onda minore rispetto a quella dell'area interna.

Attualmente tale meccanismo deformativo è migrato verso Nord-Est e non interessa più l'area della catena Umbro-Marchigiana che invece è soggetta a fagliazione diretta. Nelle vicinanze non si evidenziano caratteri geomorfologici e sorgenti sismiche che possano generare sollecitazioni telluriche.

Il rilievo geologico di superficie ha evidenziato l'affiorare del substrato roccioso lungo la parete di destra idrografica del Fosso della Canala, distante circa 235 m a NO. Dopo uno spesso strato di detrito ghiaioso, si è potuto osservare il *bedrock* grigiastro marnoso e marnoso-calcareo. La cartografia della carta geologica del progetto CARG Foglio 291 Pergola (fig.11) indica la roccia riferibile alla formazione marnosa dello **Schlier** (Tav.IV).

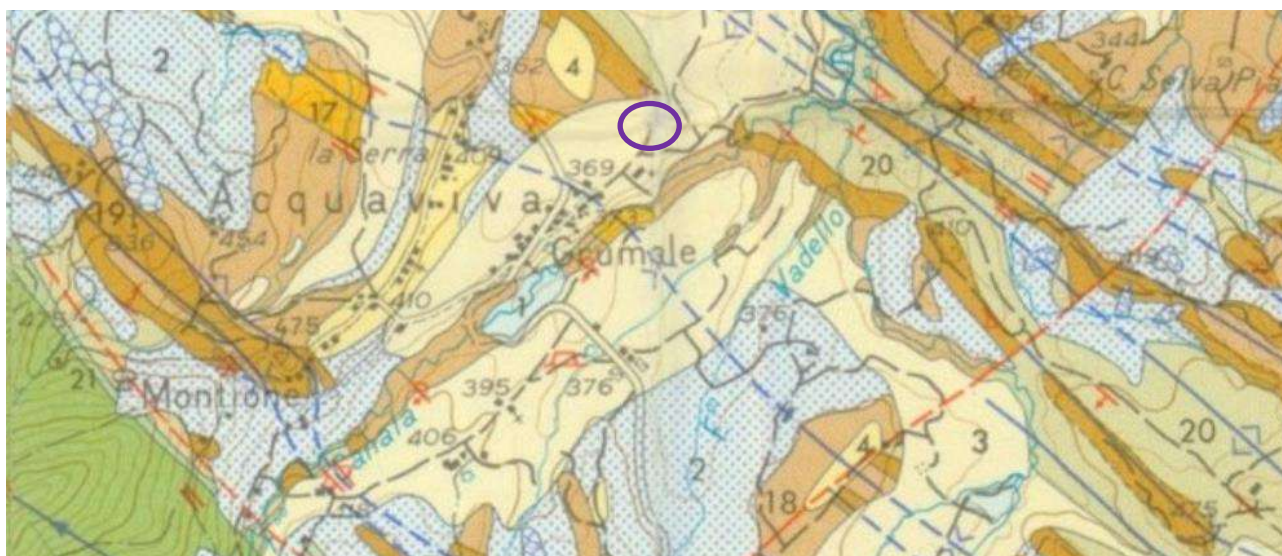


Fig.11 Estratto Foglio 291 Pergola (fuori scala), in viola il sito.

## **5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO**

Geomorfologicamente la zona è caratterizzata da sedimenti terrazzati di origine pleistocenica che appartengono ad una serie di corpi relitti di vaste conoidi alluvionali alimentate dalla dorsale del Gruppo del Catria. Questi corpi deposizionali alluvionali, in parte coalescenti tra loro, ricoprono l'area morfologicamente depressa posta a NE dell'Appennino Umbro-Marchigiano. La costruzione di questi apparati di conoide ha determinato un'estesa copertura del substrato attraverso la deposizione di materiali di varia granulometria, da ciottolosa a limoso-argillosa. Le fasi di escavazione post-glaciale, successive a quelle di alluvionamento di origine glaciale, hanno re-inciso queste successioni alluvionali producendo i terrazzamenti. Il modellamento operato dai fossi a canali singoli con andamento sinuoso-meandrante in graduale approfondimento ha determinato i diversi ordini di terrazzo.

Il rilievo geologico-geomorfologico di superficie ha permesso di definire cospicui spessori dei terreni quaternari, talora superiori ai 15-16 metri. Questi hanno una provenienza multipla, ossia ogni torrente dell'area che attualmente erode il materiale alluvionale anticamente deposto, un tempo è stato responsabile della formazione di un proprio apparato di conoide, in genere coalescente verso valle con quello depositato dal torrente immediatamente adiacente. La geologia è osservabile lungo le scarpate, in particolare il versante orientale del Fosso della Canala-Molino ha reso possibile la determinazione della stratigrafia dei terreni del sito oggetto di studio (fig. 15).



*Area oggetto di variante. Fig. 12 vista SO, fig.13 vista N, fig.14 vista NE.*



L'area oggetto di variante è posta a quote comprese tra 372 e 362 m s.l.m. e interessa una superficie di circa 3,30 ha. Il p.c. dell'area è pianeggiante con degradazione del terreno verso E-NE in direzione del Fosso della Canala-Molino (335 m s.l.m.). L'area è posta in sinistra idrografica ed ha una distanza da questo fosso di III ordine variabile tra i 275 e i 160 m lineari. Il corso d'acqua costituisce il IV ordine di terrazzo e rappresenta l'attuale area di deposizione dei materiali quaternari appartenenti al **Sistema del Musone**. Il Fosso della Canala-Molino, come tutti i torrenti presenti nell'area, risente dell'andamento stagionale delle piogge, ha una portata costante in inverno-primavera (scioglimento nevi) e secco in estate.

Come scritto precedentemente, la morfologia del p.c. segue l'andamento dei depositi quaternari (Tav. IV e fig. 11) che sovrastano in discontinuità stratigrafica il sottostante substrato marnoso e marnoso-calcareo compatto, formatosi mediante processi sedimentari di ambiente marino (Tav.IV). Questa *unconformity* è in genere molto irregolare, per cui le stratigrafie di queste sequenze possono essere anche estremamente variabili da punto a punto.



Fig.15 Scarpa orientale del Fosso Canala- Molino. Si nota il passaggio stratigrafico (giallo) tra la copertura continentale ed il substrato geologico di origine marina.

Come scritto precedentemente, l'area oggetto di variante è mediamente pianeggiante; tuttavia a O-NO del sito è presente un versante collinare che ha una pendenza del 13%-15% (corrispondente a 7°-9°) che degrada verso SE. Il pendio è una zona di raccordo di un piccolo rilievo (398 m s.l.m.) relitto facente parte di una propaggine collinare che, dalla località di Cabaldi, si estendeva fino all'area di Ca'Palazzetto. Questa collina rappresenta un lembo di terrazzo appartenente al **Sistema di Colle Ulivo**. Il versante raccorda questa superficie terrazzata di II ordine da quella sottostante e più giovane appartenente al **Sistema di Matelica**, che rappresenta un terrazzo di III ordine ed è riferibile alla fase finale del Pleistocene (Tav.IV). Tra i p.c. dei due terrazzi vi è un dislivello di circa 20-25 m, tale differenza di quota la si riscontra tra il III ordine ed il sottostante di IV ordine (*talweg* del Fosso della Canala-Molino).

Osservando la Carta Geologica del Progetto CARG (Tav.IV), utilizzando i classici metodi di stratimetria è stato possibile definire la probabile corrispondenza del *bedrock*. Esso dovrebbe essere costituito da marne di età miocenica riferibili alla **Formazione dello Schlier**. Quanto scritto è stato anche confermato dai sondaggi eseguiti nei pressi del sito che presentavano una roccia marnosa di color grigio-verdastro.

La zona si presenta scarsamente antropizzata; è presente il campo sportivo Matteo Blasi di Acquaviva che è stato realizzato negli anni '80 del secolo scorso mediante operazioni di sterro e riporto del versante posto a Ovest del campo da calcio. La pianura invece è attualmente coltivata o lasciata a sodo per la gran parte dell'anno. In base a ciò si può dire che nell'area non si sono avute trasformazioni antropiche tali da compromettere lo stato dei luoghi.

## **6. INDAGINI GEOLOGICHE-GEOFISICHE**

Per la definizione delle caratteristiche geologiche e sismiche, oltre al già citato rilevamento, sono stati utilizzati i dati reperiti dagli studi di Microzonazione Sismica (La Corte 2018), da indagini pregresse messe a disposizione dall'amministrazione comunale, da indagini eseguite precedentemente nell'intorno del sito e nuove indagini in sito eseguite tramite penetrometro dinamico semovente autoancorante Pagani TG 63-200, di seguito le caratteristiche tecniche.

*TIPO DI ATTREZZATURA: PENETROMETRO STATICO/DINAMICO PAGANI TG 63*

*CAPACITA' DI SPINTA: 200 kN*

*CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO (PROVA DPSH)*

*Rif. Norme ASTM D3441-86*

*Peso massa battente: 63,5 kg*

*Altezza di caduta libera: 0,75 m*

*Diametro Punta conica meccanica (mm): 51,0 mm*

*Area punta: 20,43 cm<sup>2</sup>*

*Angolo di apertura punta (°):90*

*Lunghezza aste: 1 m*

*Passo letture (cm): 20*

I dati delle precedenti indagini realizzate nell'intorno del sito mostrano una profondità del substrato intorno a -10 m dal p.c. Procedendo dalla superficie in profondità la colonna stratigrafica dei sondaggi a distruzione evidenzia la presenza di:

- depositi a grana fine di color ocra-marrone per i primi 4 m di spessore associabili a depositi di origine eluvio-colluviale;
- depositi ghiaiosi con basso grado di rotondità di color bianco-rosati con matrice limosa di color rosato per circa 6 m di spessore associabili a sedimenti di conoide alluvionale.

All'interno dei fori di sondaggio eseguiti nell'estate 2023, che è stata avara di precipitazioni, è stata riscontrata una quota piezometrica a -9,5 m dal p.c. Tale circolazione idrica profonda è presente anche nei pozzi presenti nei pressi del campo sportivo e probabilmente si instaura al contatto tra substrato impermeabile e copertura quaternaria permeabile.

Le indagini in sito eseguite in questo studio sono state realizzate per correlare le informazioni disponibili dai sondaggi nell'areale oggetto di variante. Tutte le verticali sono giunte a rifiuto strumentale intorno ai -5,50/-7,50 m di profondità dal p.c. In base alle informazioni reperite dai sondaggi le indagini si sono arrestate all'interno dei terreni quaternari della conoide alluvionale costituita da ghiaia ad elevato grado di addensamento. Di seguito sono riportate le profondità raggiunte con il piano campagna della prova DPSH1 presa come quota di riferimento.

<b>Prova</b>	<b>Quota rispetto CPT1 (287 m s.l.m.)</b>	<b>Profondità raggiunta da p.c. prova</b>	<b>Livello piezometrico da p.c. prova</b>
DPSH1	p.c m	-5,20 m	assente
DPSH2	+2,00 m	-7,20 m	assente
DPSH3	+1,00 m	-7,80 m	assente

Per quanto riguarda le indagini geofisiche inerenti alla determinazione del profilo verticale delle onde di taglio è stato eseguito uno stendimento sismico tipo MASW, i cui risultati completi sono riportati in allegato. Sono altresì allegati i risultati delle indagini HVSR messe a disposizione dall'amministrazione comunale.

## 7. CARATTERISTICHE PLUVIOMETRICHE E CLIMATOLOGIA

L'andamento pluviometrico in cui si inserisce l'area assume importanza nell'ambito della futura progettazione delle opere di smaltimento delle acque meteoriche. I dati che seguono sono ricavati dal volume Campo medio della precipitazione annuale e stagionale sulle Marche per il periodo 1950-2000, redatto dal Centro di Ecologia e Climatologia dell'Osservatorio Geofisico Sperimentale di Macerata.

STAZIONE	Media annuale	Media primaverile	Media estiva	Media autunnale	Media invernale
CANTIANO	1279.0	329.3	212.2	367.5	374.3
CAGLI	1291.8	326.1	235.8	377.1	354.0

Tab.1 precipitazioni medie stagionali nell'area di studio.

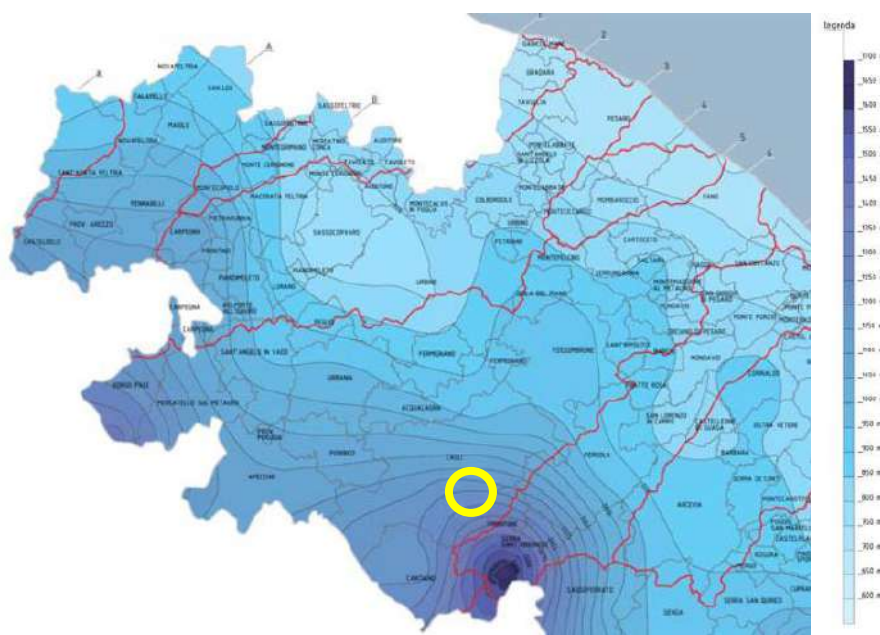


Fig.16 Campo medio della precipitazione annuale sui bacini idrografici delle Marche. In giallo il sito d'intervento.

Fascia altimetrica	MEDIA ANNUALE	MEDIA PRIMAVERILE	MEDIA ESTIVA	MEDIA AUTUNNALE	MEDIA INVERNALE
0 – 200 m	949.0	232.7	199.6	279.2	237.7
200 e 400 m	1075.9	270.2	203.6	316.6	287.2
400 e 600 m	1004.8	248.0	183.6	300.1	273.8
600 e 800 m	1080.4	273.0	203.7	313.2	290.9
800 e 1.000 m	-	-	-	-	-
1000 e 1200 m	1470.1	386.3	219.6	431.1	433.5

Tab.2 Bacino idrografico del Metauro, distribuzione delle piogge per fasce altimetriche.

## 8. IDROLOGIA

La pianura alluvionale, che caratterizza questa parte di territorio comunale, è separata da impluvi percorsi da fossi naturali di modesta portata e a regime prevalentemente stagionale. Questi collettori idraulici hanno reintrosc i depositi quaternari di età pleistocenica determinando un paesaggio caratterizzato da "terrazzi". Attualmente i collettori idraulici scorrono a contatto con il substrato che denota valori di permeabilità medio-bassi. I reticoli di I-II-III ordine confluiscono più a valle nel Fosso della Screbbia e successivamente nel collettore principale rappresentato dal Fiume Burano. Si ha un reticolo a *pattern dendritico*. In fig. 17 sono schematizzati gli elementi dell'idrologia superficiale che caratterizzano l'area oggetto di variante nel suo intorno significativo.



Il collettore idraulico posto più vicino all'area studiata è rappresentato dal Fosso della Canala-Molino che ha una distanza variabile tra i 160 m e i 275 m (fig.14) Tra il p.c. del sito ed il *talweg* fluviale vi è una scarpata di raccordo alta tra i 20 e 25 m. Il versante di sinistra idrografica (lato del terreno oggetto di variante) mostra acclività minori ( $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ) rispetto alla sponda destra che ha settori di scapate prossime alla verticale. Questo indica le buone caratteristiche geomeccaniche dei terreni quaternari costituiti da ghiaie spigolose granosostenute.

Allo stato attuale, il principale agente geomorfologico attivo è rappresentato dalle acque naturali di ruscellamento superficiale che a ridosso di periodi piovosi posso scendere dal versante di NO e far ristagnare acqua alla base della scarpata di origine antropica ubicata nei pressi del campo sportivo.

A livello idraulico non sono presenti particolari criticità e l'area è compatibile con le trasformazioni di pianificazione urbanistica. Si rimanda alla relazione "Compatibilità idraulica e invarianza idraulica" per la verifica preliminare.

Si raccomanda, in fase di progettazione, di regolare il flusso delle acque superficiali in maniera da evitare:

1. il ristagno delle acque;
2. l'infiltrazione nelle immediate vicinanze delle fondazioni delle strutture che verranno realizzate.

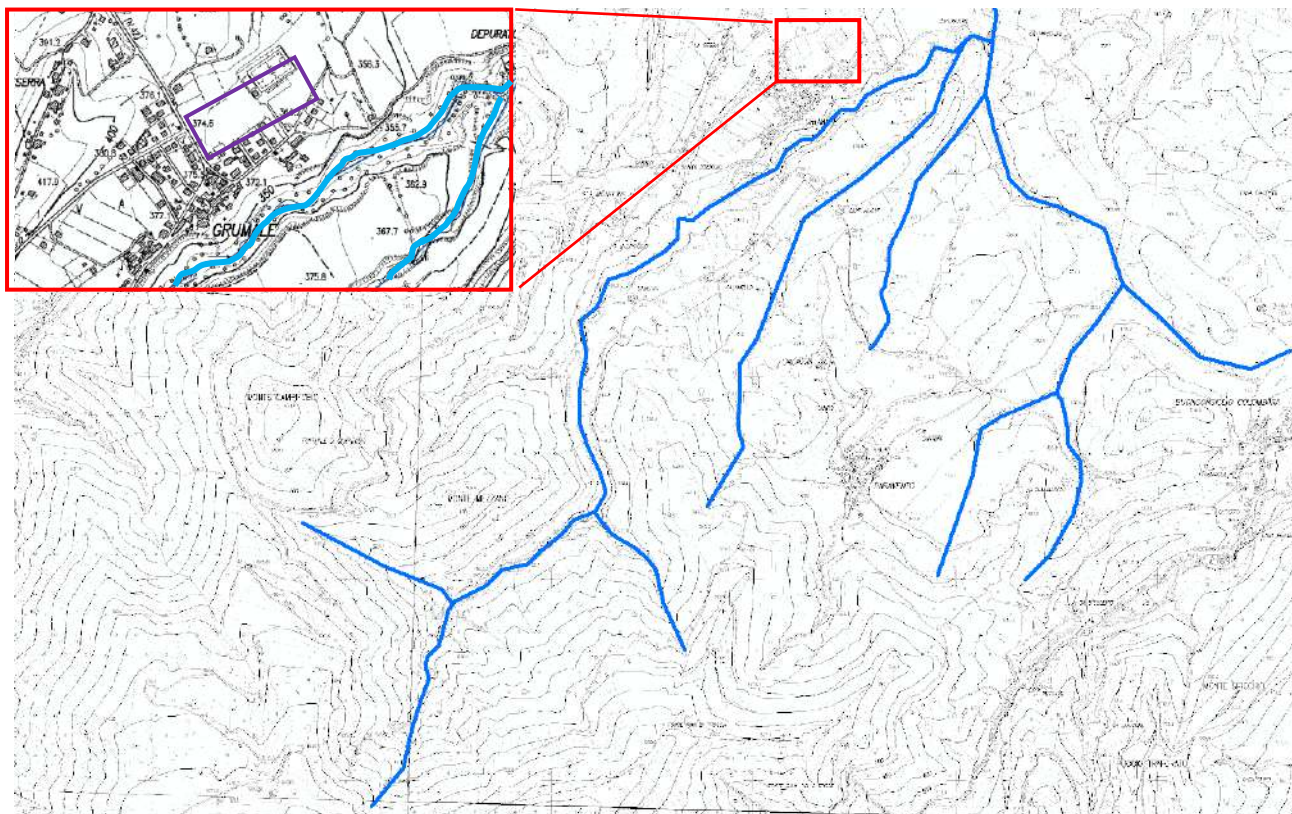


Fig.17 Estratto carta CTR con il reticolo idrografico dell'area in esame. In rosso un ingrandimento con evidenziato in viola l'area oggetto di variante.

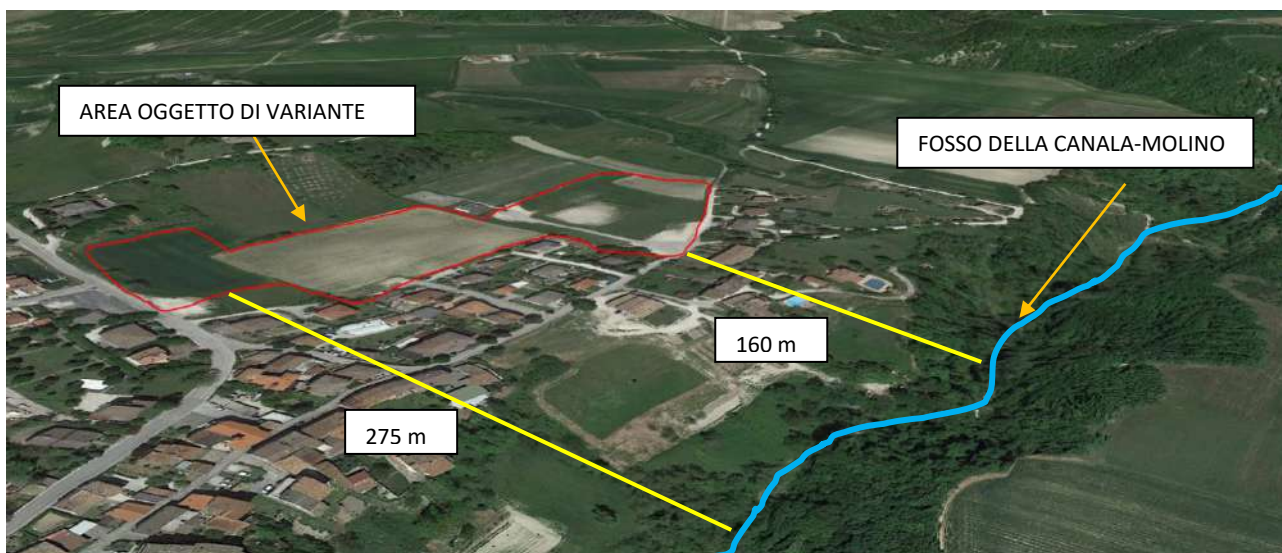


Fig.18 Estratto ortofoto con indicate le distanze tra l'area oggetto di variante e Fosso della Canala-Molino.

## **9. IDROGEOLOGIA**

Per quello che concerne lo schema idrogeologico generale le conoidi alluvionali dell'area compresa tra Acquaviva e Paravento sono costituite da depositi ghiaiosi con matrice limoso-sabbiosa e i loro valori medio-alti di permeabilità permettono la circolazione delle acque nel sottosuolo. Nel sito l'infiltrazione prevale sul ruscellamento, e le precipitazioni meteoriche si infiltrano nei sedimenti andando ad alimentare la circolazione idrica sotterranea.

Il substrato è rappresentato dalla Formazione dello Schlier (ad elevata componente pelitica litificata) che è annoverata ad elementi litoidi, formati da marne e marne-calcaree con bassa permeabilità. Questa roccia costituisce un *acquiclude*, ossia un complesso idrogeologico poco o nulla permeabile. I depositi ghiaiosi possono invece costituire un *acquifero* di ridotto spessore che può essere sede di una circolazione idrica superficiale. Il suo deflusso sotterraneo è legato direttamente agli eventi meteorici ed alle acque superficiali che si infiltrano negli interstizi dei terreni quaternari fino alla superficie impermeabile costituita dal tetto del substrato marnoso.

In relazione all'assetto stratigrafico è possibile definire i *membri idrogeologici* dell'area d'indagine suddivisi in **acquifero** ed **acquiclude**.

In base alle informazioni raccolte si è osservato che è presente una circolazione idrica profonda che si instaura probabilmente al contatto tra substrato e copertura (Tav. VIII e IX). Si ricorda tuttavia che l'individuazione di detta falda, così come la sua rilevazione, è strettamente connessa a questa tipologia d'incarico. Per una maggior conoscenza riguardo l'escursione stagionale della quota piezometrica si dovrà effettuare un monitoraggio periodico che non fa parte di questa indagine.



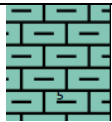
In base alle indicazioni raccolte, la falda è tipo **freatico**.

## **10. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO**

Le indagini reperite e svolte, unitamente al rilievo geologico e geomorfologico di dettaglio dell'area indagata, hanno consentito di ricostruire con buona chiarezza il contesto geologico del sito di interesse.

Tutte le indagini disponibili sono ubicate nella "Carta delle Indagini" (Tav. VII) che si riporta in allegato insieme alle stratigrafie ed alle elaborazioni.

In base ai dati in possesso, il modello geologico del sito può essere così sintetizzato:

STRATO	SPESSORE MEDIO (m)	PROFONDITA' (m)		LITOLOGIA	INTERPRETAZIONE
LITOTIPO 1	1/3 m	Da p.c. -1/-3 m		Terreno vegetale e riporto	Coltre eluvio-colluviale e rilevato
LITOTIPO 2	15 m	Da -1/-3 a -10/-15 m		Ghiaia calcarea in matrice limosa con elevato grado di addensamento	Sedimenti alluvionali
LITOTIPO 3	Oltre -10/-15 m			Substrato	Substrato marnoso e marnoso-calcareo

Sulla base dei dati disponibili vengono di seguito riassunte le principali caratteristiche stratigrafiche e geotecniche delle unità che interessano direttamente l'area in questione. Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento all'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche disponibili, nonché alla bibliografia tecnica esistente in letteratura.

### Litotipo 1

Caratterizza i primi 3 m del rilevato del campo sportivo, mentre nelle aree attualmente coltivate o lasciate a sodo rappresenta solo il primo metro della colonna stratigrafica. È formato da limo argilloso color nocciola e dalla presenza di sporadici ciottoli e ghiaia arrotondata color bianco e bianco-grigiastra; essi sono probabili prodotti di alterazione ed erosione del substrato marnoso-calcareo della collina adiacente. Si omette pertanto la caratterizzazione geotecnica di tale unità in quanto ininfluenza ai fini della pianificazione/progettazione.

### Litotipo 2

Questi sedimenti caratterizzano tutta l'area oggetto di variante; nelle verticali dei sondaggi a distruzione il litotipo ha uno spessore di circa 10 m ma può arrivare anche a valori maggiori. È costituito da ghiaia calcarea spigolosa in matrice limosa con elevato grado di addensamento. Quanto scritto è confermato dalle indagini DPSH eseguite in questo studio che hanno messo in luce gli alti valori di Rpd rilevati durante l'avanzamento della punta penetrometrica. Questi depositi sono indicati nella *Carta Geologica Regionale* (Tav. IV) come depositi alluvionali terrazzati, di età pleistocenica (da circa 2,5 milioni di anni fa) appartenenti al Sintema di Matelica. Infine, si menziona che la stratigrafia può presentare lenti e depositi a granulometria minore, costituita da limi inorganici, sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità, generate dalla messa in posto di prodotti di alterazione del substrato marnoso-calcareo e depositatisi ai piedi del versante per processi di tipo gravitativo.

### Litotipo 3

Per quanto riguarda la composizione litologica di questo litotipo si sono utilizzati i dati ricavati dai sondaggi effettuati per la realizzazione di un pozzo domestico. Il substrato marnoso e marnoso-calcareo di color grigio e verdastro è stato riscontrato ad una profondità di circa -10 m dal p.c. Osservando la Carta Geologica del progetto CARG (fig.11), è stato possibile associare il *bedrock* alla **Formazione dello Schlier** di età miocenica, costituita da alternanze di marne, marne calcaree, marne argillose grigie e, subordinatamente, di calcari marnosi biancastri, talora finemente detritici. Lo Schlier umbro-marchigiano è caratterizzato da una forte variabilità per quel che riguarda gli spessori, le litofacies e l'età.



Nelle aree interne è suddiviso in:

- 1) *litofacies a* - è caratterizzata da marne e marne argillose grigio-azzurre (verde bluastre sul taglio fresco);
- 2) *litofacies b* - marne e marne calcaree bianco-giallastre (verde-bluastre al taglio fresco);
- 3) *litofacies c* - marne calcaree e calcari marnosi bianco-giallastri (grigio-verdastri al taglio fresco) (da *Carta geologica d'Italia a scala 1:50.000 quaderni delle Formazioni*).

## **11. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

La successione stratigrafica locale risulta rappresentabile come descritto in precedenza.

I parametri geotecnici sono stati attribuiti ai litotipi attraversati in base ai risultati delle indagini eseguite in sito, all'esperienza acquisita e dalla bibliografia ufficiale in letteratura. Tali valori possono essere considerati come caratteristici, in quanto derivanti da una stima ragionata e cautelativa. Si ritiene opportuno evidenziare come la scelta del valore del suddetto parametro caratteristico da utilizzare per le future verifiche agli S.L.U. e S.L.E. sia funzione della "quantità" di volume interessato da un'eventuale superficie di rottura.

Nel seguente capitolo si riportano indicazioni di tipo geotecnico dei terreni oggetto di variante. Tuttavia si specifica che ai fini della progettazione definitiva si raccomanda di eseguire indagini integrative per i lotti che saranno realizzati nelle future aree adibite ad attrezzature collettive (F2).

Escludendo il Litotipo 1, in quanto ininfluenza ai fini della pianificazione/progettazione, per le ghiaie riscontrate nel sito possono essere assunti i seguenti parametri geotecnici:

**LIVELLO 2** sedimenti ghiaiosi in matrice limosa con elevato grado di addensamento

Classificazione A.G.I.	Da mediamente addensate a molto addensate	
Peso di volume	$\gamma$	1,90-2,00 g/cm <sup>3</sup>
Coesione drenata	$C'$	0,05-0,1 kg/cm <sup>2</sup>
Angolo di attrito interno	$\Phi'$	35°-40°
Modulo di Young	$E$	350-400 kg/cm <sup>2</sup>
Densità relativa	%	70-100
Nspt		25-50

## **12. PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA**

Per quanto riguarda le pericolosità di natura idrogeologica, nell'area oggetto di variante ed in un suo intorno significativo, non sono state rilevate forme, depositi e processi morfogenetici in atto o potenziali tali da pregiudicare l'attuale stabilità dell'area.

Questo è confermato anche dalla cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico Tav. V), inerente alle pericolosità idrogeologiche, **in relazione alla pericolosità di versante l'area non comprende nessun poligono cartografato a rischio frana**. Questo è confermato anche dalla cartografia IFFI (*Inventario Fenomeni Franosi Italiani*) (fig. 19)

Stessa cosa vale per quanto riguarda il rischio idraulico dove **non sono indicate nel luogo di studio e/o nelle vicinanze fenomeni inerenti a rischio esondazione**. Ciò è dovuto alla combinazione del dislivello del sito (15-20 m circa) con la distanza dal letto fluviale (160-275 m).

Come scritto nel capitolo 3 **l'area non ricade nel vincolo idrogeologico** (fig.2).



Fig.19 Estratto ortofoto cartografia IFFI.

### 13. PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area oggetto di indagine si è fatto riferimento ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal G.N.D.T. (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) del CNR. A tal fine si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano denominata ZS9, pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che considera 36 zone-sorgente identificate da un numero (da 901 a 936). I limiti tra le zone sono di colore nero quando il loro tracciamento è legato esclusivamente da informazioni tettoniche o geologico-strutturali, in blu quando le zone limitrofe presentano lo stesso stile deformativo ma differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc).

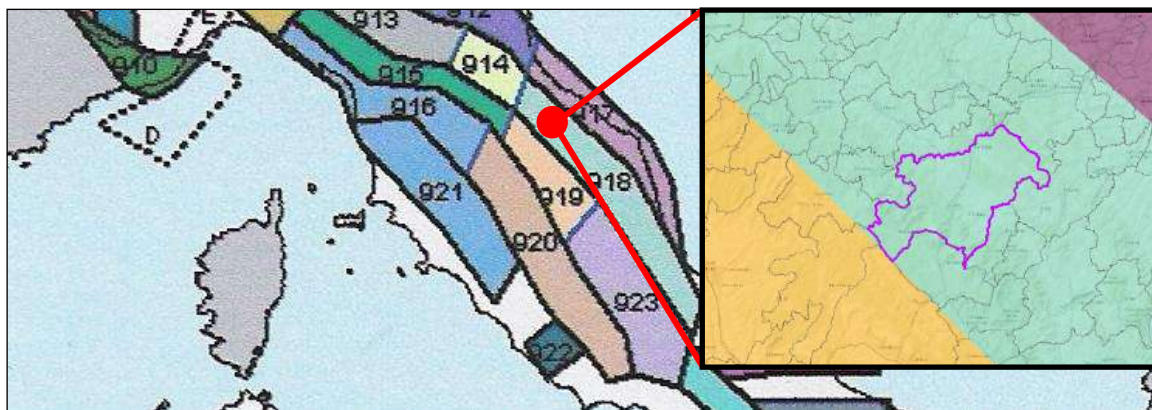


Fig.20 Estratto della zonazione sismogenetica ZS9 (in rosso il territorio del Comune di Cagli all'interno della zona 918).

Dalla figura precedente si evince come tutto l'arco appenninico centro-settentrionale sia stato organizzato secondo 5 fasce parallele longitudinali alla catena. L'area oggetto di studio ricade all'interno della **zona-sorgente 918** (fig.20), dove si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione Nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più Sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono

mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna. Alla zona-sorgente 918 è associata una magnitudo, espressa come momento angolare,  $MW_{MAX}$  pari a 6.37.

L'Italia è un territorio geologicamente giovane ed è caratterizzata da una serie di strutture che la dislocano tettonicamente. La gran parte di queste strutture corrono parallele lungo l'Appennino che, a partire dal Pleistocene, interessano essenzialmente le zone assiali della catena. L'INGV ha catalogato queste sorgenti energetiche in un catalogo chiamato DISS (Database Individual Seismogenic Source), in cui sono evidenziate:

- faglie attive (segmenti di rottura della crosta che generano terremoti)
- sorgenti sismogenetiche composite (fascia in cui vi è una probabilità di accadimento di terremoti)
- sorgenti sismogenetiche individuali (punti o aree in cui si hanno informazioni storiche con o senza dati scientifici di un evento sismico avvenuto)

Il Comune di Cagli ricade all'interno della sorgente composita "Bore-Montefeltro-Fabriziano-Laga" (fig.21) che corre in direzione appenninica NO-SE, dalla provincia di Parma alla provincia di Teramo, ed è legata a movimenti di sovrascorrimento. Allo stesso modo è indicata un settore riferibile ad una sorgente sismogenetica individuale. Tale sorgente posizionata nel complesso montuoso del Monte Nerone, riguarda il terremoto di Cagli del 03/06/1781 con una magnitudo storica ricostruita secondo i documenti dell'epoca di 6.2 (*fonte INGV*).

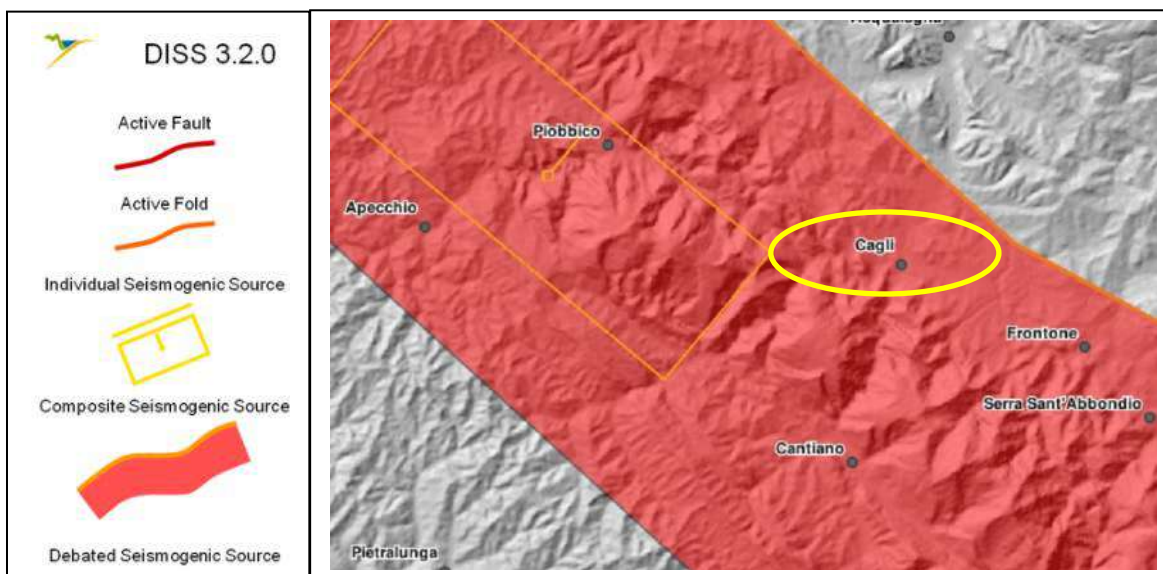
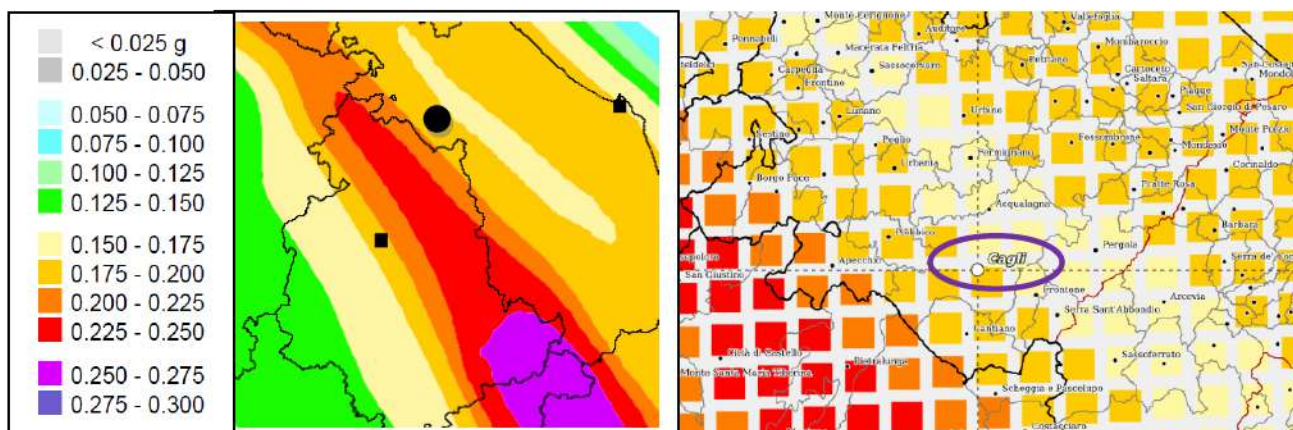
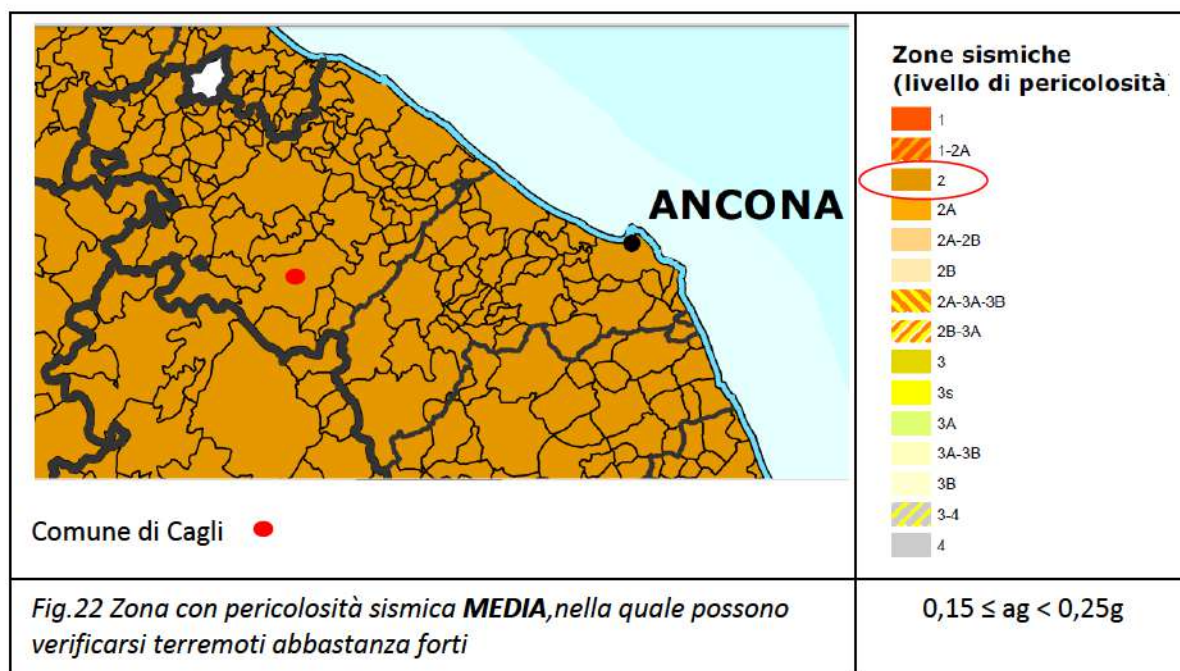


Fig.21 DISS con evidenziate le sorgenti sismogenetiche composite ed individuali dell'area di Cagli.

L'area di studio ricade nel Comune di Cagli il cui territorio è classificato sismico di grado II, secondo l'O.P.C.M.n° 3274 del 20/03/2003 (fig.22).

Con pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un sito a causa di un terremoto. È un'analisi prettamente probabilistica, quindi si può definire solo un certo scuotimento associato ad un accadimento nel prossimo futuro. Non è pertanto una previsione deterministica dei terremoti, ma solo una possibilità che esso accada con una certa accelerazione massima attesa al suolo (**ag**). La mappa di pericolosità sismica dell'INGV (fig.23) riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s; categoria A del punto 3.2.1. del D.M. 14.09.2005) mostra per il Comune di Cagli un valore di **ag**, per una probabilità di superamento in 50 anni del 10% al 50° percentile, di **0,175-0,200**.





#### 14. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI E FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

Le azioni sismiche sulle strutture saranno valutate in fase di progetto dei singoli lotti secondo il capitolo 3.2.2 delle NTC 2018. Ai fini dell'azione sismica di progetto, l'effetto della R.S.L. si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

In questa fase di pianificazione per ottenere un'indicazione sui valori di  $V_s$  è stata eseguita una specifica *indagine di geofisica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* in onde Rayleigh (componente verticale), attraverso l'esecuzione di uno stendimento sismico (denominato MASW 1) con sismografo 24 bit a 12 canali.

L'indagine ha mostrato un aumento delle  $V_s$  con la profondità con valori coerenti con la stratigrafia del sondaggio eseguito. Intorno ai -13/-14 m dal p.c. si ha il passaggio delle onde da 466 m/sec a 635 m/sec. Tale aumento delle  $V_s$  è conforme con l'unconformity dei terreni ghiaiosi con il substrato roccioso.



Dall'indagine si osserva anche che non viene raggiunto il *bedrock sismico*; questo è altresì confermato dall'HVSR reperita dove si nota che non sono presenti significativi contrasti di H/V (indagini sismiche allegate).

Per quanto riguarda la definizione degli effetti dei fenomeni di amplificazione del moto sismico, si fa riferimento allo studio di Microzonazione sismica di II livello redatto nel 2018 dal Geol. Marco La Corte. Nello studio vengono definite le aree MOPS (*Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*) distinguendole in zone stabili, zone stabili suscettibili di amplificazione locale e zone soggette a instabilità (frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno). L'area oggetto di variante è compresa tra le zone 3 (2003) e 5 (2005) (fig.24) che sono zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- ZONA 3 - 2003 = *depositi alluvionali terrazzati su substrato coesivo sovraconsolidato e alternanze di litotipi, stratificato rigido*. Questa zona ha uno spessore dei depositi alluvionali che varia fra i 3 e i 10 m;
- ZONA 5 - 2005 = *depositi alluvionali terrazzati e di conoide su substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato sia rigido che non rigido*. Quest'area è stata riscontrata esclusivamente nella frazione di Acquaviva dov'è insiste la presenza di un conoide alluvionale con spessore dei depositi superiore ai 20 m dal p.c.

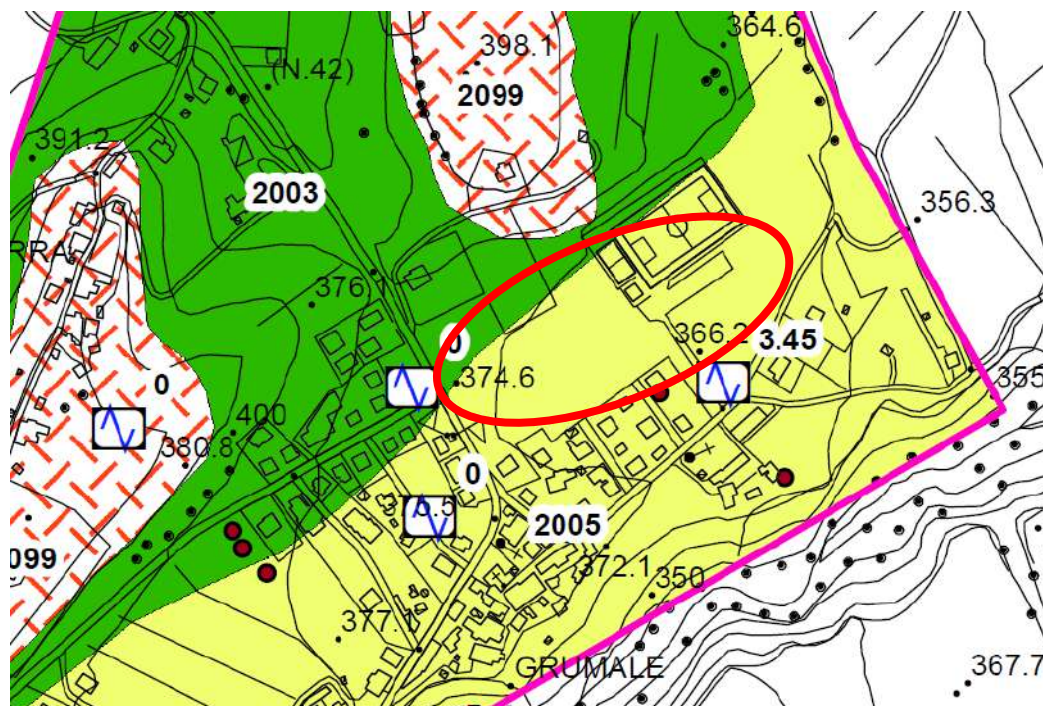


Fig.24 Stralcio della Carta delle MOPS (studio MS II livello La Corte 2018). In rosso l'area di studio.

Nel secondo livello sono stati anche definiti i valori di FA, definiti come *Fattori di Amplificazione* a basso periodo e determinati intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione. Sono state redatte carte dei Fattori di Amplificazione calcolati per i vari intervalli di periodi di vibrazione: 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s. Di seguito si riporta un estratto della procedura di calcolo.

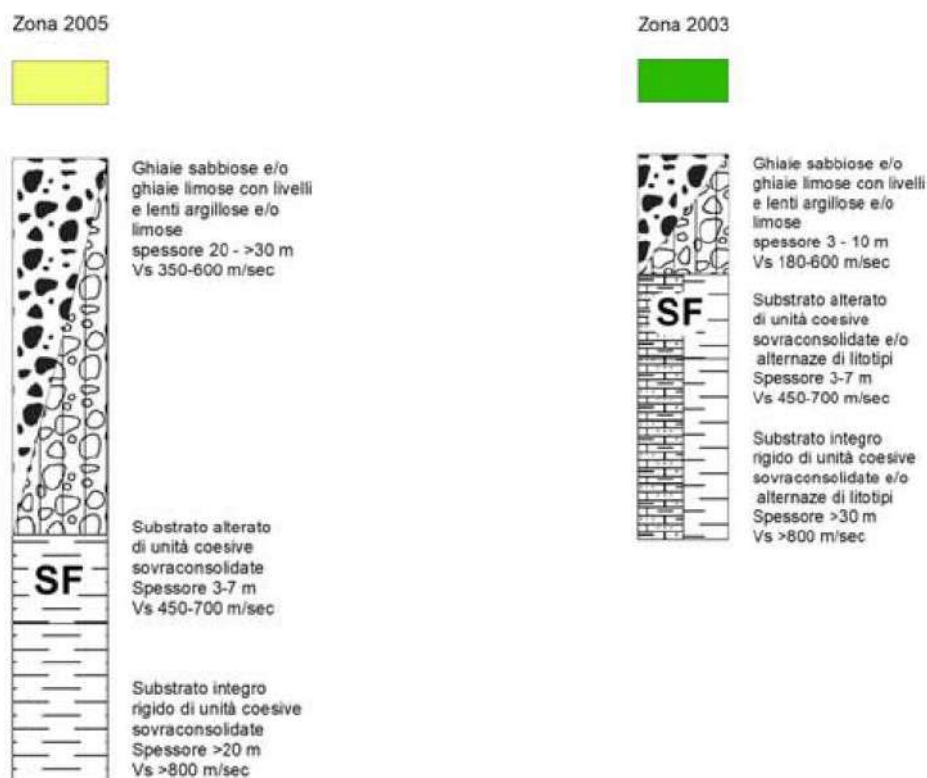


Fig.25 Colonne stratigrafiche delle Zone stabili suscettibili di amplificazione locali (studio MS Il livello La Corte 2018).

“Sulla base di tutti i dati a disposizione è stato possibile determinare i valori di FA per la Carta di Microzonazione di livello 2, secondo le procedure indicate nel documento fornito dalla Regione Marche-Servizio Protezione Civile “Microzonazione Sismica di Il Livello – Abachi Regionali, Rev.2” (OGS Trieste 2015, modificato dalla Commissione Tecnica Regionale 2018). Gli abachi sono stati costruiti dalla Regione Marche mediante un approccio numerico finalizzato alla definizione dei valori di FA associati alle diverse situazioni litostratigrafiche, differenziati in relazione all’ambiente tettonico e sedimentario all’interno del quale ricade il Comune (da “Allegato 1 e Allegato 2 di Microzonazione Sismica di Il Livello – Abachi Regionali). Il primo step è stato quello di attribuire al Comune di Cagli il dominio sedimentario proprio, in questo caso come indicato dalla commissione regionale è stato attribuito il dominio denominato “Calcareao C” con profondità del basamento sismico inferiore a 30 m. Si sono quindi consultate le triplette degli abachi relative agli intervalli di periodi di vibrazione: 0,1-0,5s, 0,4-0,8s e 0,7-1,1s, correlato i valori delle velocità delle onde S entro i 30 metri e delle frequenze delle coperture  $f_0$ . Nella stima dei valori di  $f_0$ , ci si è attenuti a quanto scritto nel documento suddetto, vale a dire che: si sono considerati solo quelli corrispondenti a massimi relativi all’intervallo 0,5-20 Hz (se all’interno di questo intervallo non sono presenti massimi, la curva HVSR può essere considerata piatta); nel caso esista un solo massimo significativo all’interno di questo intervallo, il valore corrisponde a quello massimo; se esiste più di un massimo significativo all’interno di questo intervallo, si possono utilizzare i diversi valori di frequenza corrispondenti a questi massimi e valutare i corrispondenti valori di FA, scegliendo quello maggiore tra quelli determinati. Si è quindi ottenuta la stima dei fattori di amplificazione FA per ciascuna MOPS per gli intervalli di riferimento considerati. Nell’ area del territorio comunale oggetto della microzonazione sismica di livello 2, la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione assegnando i corrispondenti fattori per gli effetti stratigrafici FA, calcolati per differenti intervalli di periodo. Gli elaborati finali, n.3 carte, sono stati realizzati accoppiando aree con valori di FA simili, per le zone definite come stabili suscettibili di amplificazione locali e per le zone di attenzione per l’instabilità suddividendo laddove necessario gli areali individuati dalle MOPS del livello 2 in funzione delle indagini di rumore sismico effettuate e della relativa frequenza dei terreni individuata. [...] Gli effetti di amplificazione topografica relativi alla parte collinare e dei versanti sono stati omessi poiché, come indicato nell’Allegato 3 del



documento di "Microzonazione Sismica di II livello", ci troviamo nel caso in cui il substrato geologico affiorante o sub-affiorante non è substrato sismico".

Come è visibile dalle carte seguenti l'area della pianura alluvionale mostra FA minori rispetto alla zona di raccordo tra i vari ordini di terrazzo, dove sono presenti lenti a granulometria fine di origine eluvio colluviale che si interdigitano ai terreni ghiaiosi. Ciò ne determina una velocità delle onde Vs minore rispetto a quelle della piana alluvionale dove sono presenti spessori maggiori di ghiaia addensata.

Si sottolinea che nello studio di MS II, "laddove dalle misure di rumore sismico non si è riscontrata la presenza di un picco di frequenza, ovvero la curva è stata considerata "piatta" con valore di f0 pari a 0, il criterio di assegnazione del fattore FA adottato è stato quello di attribuire il 75° percentile relativo a tutti i valori della riga individuata nell'abaco. Tale criterio porta dunque molto spesso ad attribuire un fattore di FA maggiore a zone in cui effettivamente non è stato riscontrato un picco di frequenza fondamentale rispetto a zone in cui è stata riscontrata una frequenza fondamentale dei terreni, molto spesso quest'ultima situazione si verifica in aree in cui il substrato geologico risulta sub-affiorante."

**ZONA CALCAREA** Profondità basamento sismico < 30 m e > 3 m

**FA 0.1 < T < 0.5 s**

		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
VsH (m/s)	<200	0.9	1.3	1.7	2.6	2.5	2.7				1.4
	300	0.8	1.3	1.7	2.1	2.4	2.6	2.5	2.3	2.1	2.1
	500		0.8	1.3	1.5	1.6	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5
	700				1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3
	≥800								1.2	1.2	1.2

**FA 0.4 < T < 0.8 s**

		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
VsH (m/s)	<200	1.5	2.1	2.4	1.9	1.8	1.6				2.1
	300	1.5	2.2	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8	1.6	1.5	1.9
	500		1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3
	700				1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥800								1.1	1.0	1.00

**FA 0.7 < T < 1.1 s**

		f0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
VsH (m/s)	<200	2.1	2.4	1.7	1.5	1.4	1.3				2.3
	300	1.9	2.1	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5
	500		1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	700				1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
	≥800								1.00	1.0	1.0

Fig.26 Abaco dei fattori FA nella zona Calcarea con basamento sismico <30 m e >3 m (da allegato 2 MS II livello).

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
	7.5 $7 \leq f_0 < 8$
	$\geq 8$
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300 $200 \leq V_s < 400$
	500 $400 \leq V_s < 600$
	700 $600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$

Fig.27 Tabella dei parametri velocità delle onde S-frequenza (da MS di II livello)

Per l'area d'interesse la tavola relativa al periodo 0.1-0.5s mostra un range di valori di FA compresi tra 1,5 e 2,1.

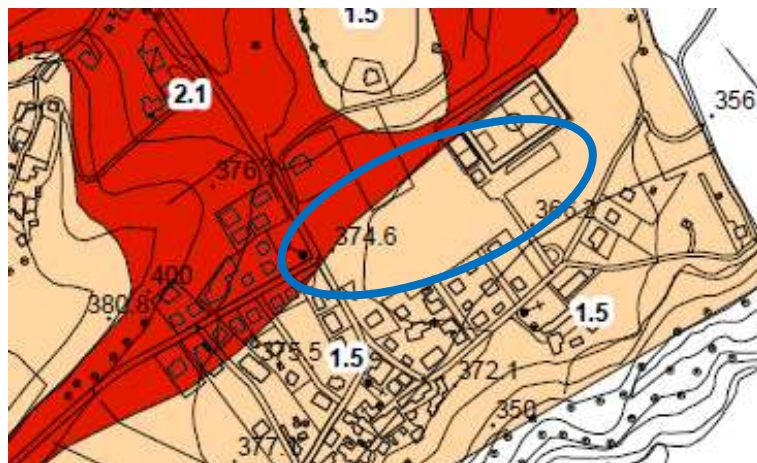


Fig.28 Estratto Carta FA 01-05 s (da MS di II livello)

La tavola relativa al periodo 0.4-0.8s mostra un range di valori di FA compresi tra 1,3 e 1,9.

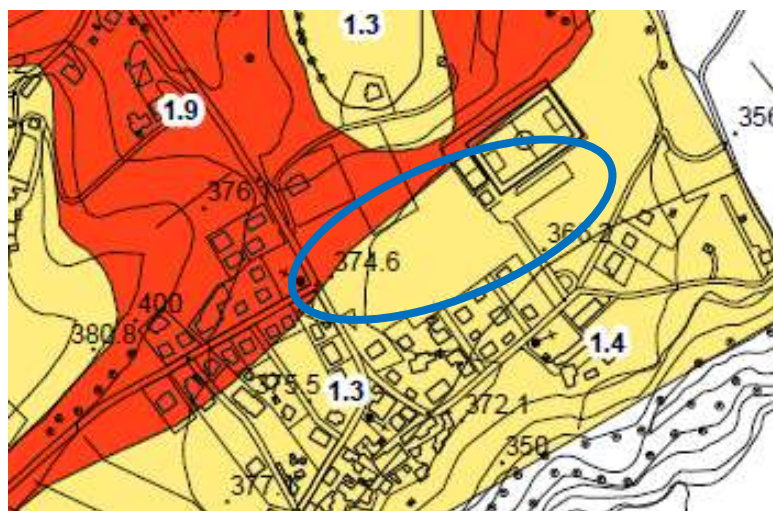


Fig.29 Estratto Carta FA 04-08 s (da MS di II livello)

La tavola relativa al periodo 0.7-1.1s mostra un range di valori di FA pari a 1,1 e 1,5 relativamente molto più bassi rispetto agli intervalli temporali.

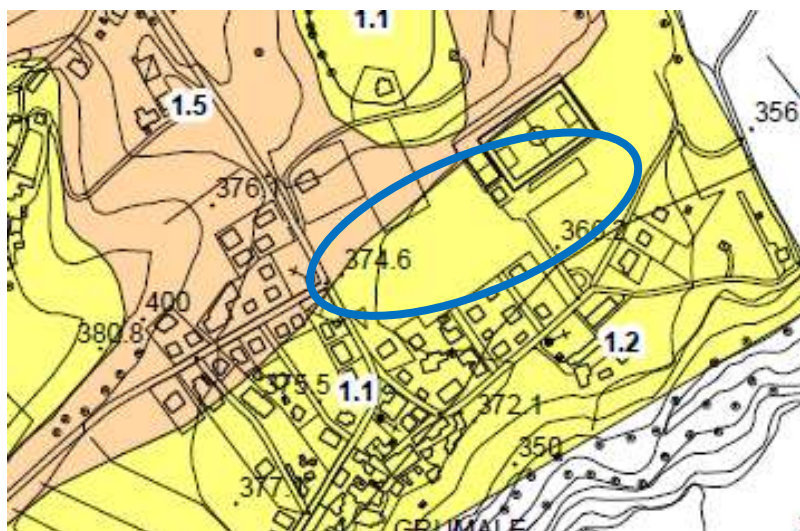


Fig.30 Estratto Carta FA 07-11 s (da MS di II livello)

## **15. POTENZIALI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE**

Con il termine liquefazione si intendono i fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. I fenomeni di liquefazione interessano generalmente depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente da:

- Proprietà geotecniche dei terreni;
- Caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- Genesi e storia geologica dei terreni.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche, è soggetto alla pressione litostatica dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti. Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dalla sismica diminuisce.

La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato d'addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Le NTC 2018 richiedono determinate condizioni per la verifica alla suscettibilità da liquefazione dei terreni del sito. In particolare prevedono che *“Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”*.

La norma specifica che questa verifica viene omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo  $M < 5$ ;
- accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti (condizioni campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata ( $N_1$ )  $60 > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove ( $n_1$ ) 60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche standard (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in fig. 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

L'area è caratterizzata da terreni a ghiaiosi molto addensati. In base a ciò **nel sito risulta improbabile il verificarsi di fenomeni di liquefazione** e pertanto, a parere dello scrivente, non risulta necessaria tale verifica.

## **16. CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI**

L'indagine geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica eseguita in relazione alla modifica di destinazione urbanistica dell'area adiacente il campo sportivo Matteo Blasi di Acquaviva, dove l'Amministrazione Comunale intende realizzare una cittadella dello sport, ha messo in evidenza le seguenti conclusioni.

In relazione alla vincolistica presente nell'area:

- non è presente il vincolo idrogeologico (R.D.L. 30 dicembre 1923 n. 3267);
- non ricade in area P.A.I. (delibera regionale n.116 del 21 gennaio 2004 e aggiornamenti);
- non vi sono vincoli ambientali in base al P.P.A.R.;
- non vi sono vincoli naturalistici SIC e ZPS;
- non vi sono emergenze geologiche.

I dati raccolti e le indagini eseguite nel sito, hanno permesso di ricostruire il modello geologico dell'area d'intervento. La zona risulta stabile e non esistono nell'area fenomeni franosi o corsi d'acqua che possano dare origine a dissesto e/o esondazioni che raggiungano il sito esaminato. In merito alla cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), alla cartografia IFFI, e alle carte geologiche dell'ISPRA, **non sono indicate nel luogo di studio, o in un intorno significativo, fenomeni di instabilità dei versanti**. Allo stesso modo, per quello che riguarda il rischio esondazione, il dislivello tra l'edificio e i corsi d'acqua presenti nell'area, ne fa **escludere qualsiasi fenomeno inerente a rischio esondazione**. È verificato anche lo studio preliminare di Compatibilità idraulica.

La stratigrafia del sito è caratterizzata dalla presenza di una conoide alluvionale di origine pleistocenica, con spessore variabile tra i 10-15 m, sovrastante un substrato marnoso e marnoso-calcareo riferibile alla Formazione dello Schlier. I terreni sono costituiti da ghiaie molto addensate, a luoghi anche cementate, di natura calcarea e calcareo-marnosa, con spigoli vivi. Tuttavia il Litotipo 2 (depositi ghiaiosi) può presentare lenti e depositi a granulometria minore, costituita da limi inorganici, sabbie fini limose o argillose e limi argillosi di bassa plasticità, generate dalla messa in posto di prodotti di alterazione del substrato marnoso-calcareo e depositatisi ai piedi del versante per processi di tipo gravitativo. Si raccomanda perciò di eseguire indagini integrative in fase di progettazione definitiva per una miglior definizione geotecnica dei terreni dei lotti che saranno realizzati nelle future aree adibite ad attrezzature collettive (F2).

Per quello che riguarda l'idrogeologia, l'indagine eseguita non ha evidenziato la presenza di una circolazione sotterranea profonda. Si presume che, qualora sia stagionalmente presente, possa

essere al contatto stratigrafico tra i terreni continentali ed il substrato marino. La profondità di detta falda è tale da non avere limitazioni progettuali. Inoltre, essendo presenti pozzi sfruttati ad uso domestico (ma non idropotabile) nella progettazione delle opere si dovrà tenere conto della possibile vulnerabilità dell'acquifero sottostante.

In superficie non si sono osservati fenomeni di ristagno delle acque, nonostante ciò nella progettazione delle opere dovrà essere prevista la corretta regimazione delle acque meteoriche che dovranno essere opportunamente raccolte e convogliate verso il corpo idrico recettore nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica è possibile suddividere l'area in due sotto aree:

- zona di raccordo versante pianura;
- zona di pianura.

La zona di raccordo mostra valori di FA maggiori rispetto alla zona di pianura. Ciò è dovuto alla presenza di terreni limosi-argillosi facenti parte della coltre eluvio-colluviale. Si raccomanda di tenere conto di quanto scritto in fase di progettazione definitiva delle strutture.

Complessivamente non sono state rilevate particolari pericolosità geologiche e per il sito può essere espressa una buona vocazionalità per la modificazione urbanistica e la radicalizzazione della cittadella dello sport.

In sintesi, sulla base degli studi geologici effettuati e della documentazione consultata, la variante al P.R.G. del Comune di Cagli finalizzata alla ridefinizione della definizione urbanistica di zone C2 (zone di espansione), C4 (Zone di espansione mista residenziale-artigianale) e F4 (area per parcheggi pubblici) in F2 (Zone adibite ad attrezzature collettive), è da ritenersi compatibile con le condizioni geomorfologiche del territorio.

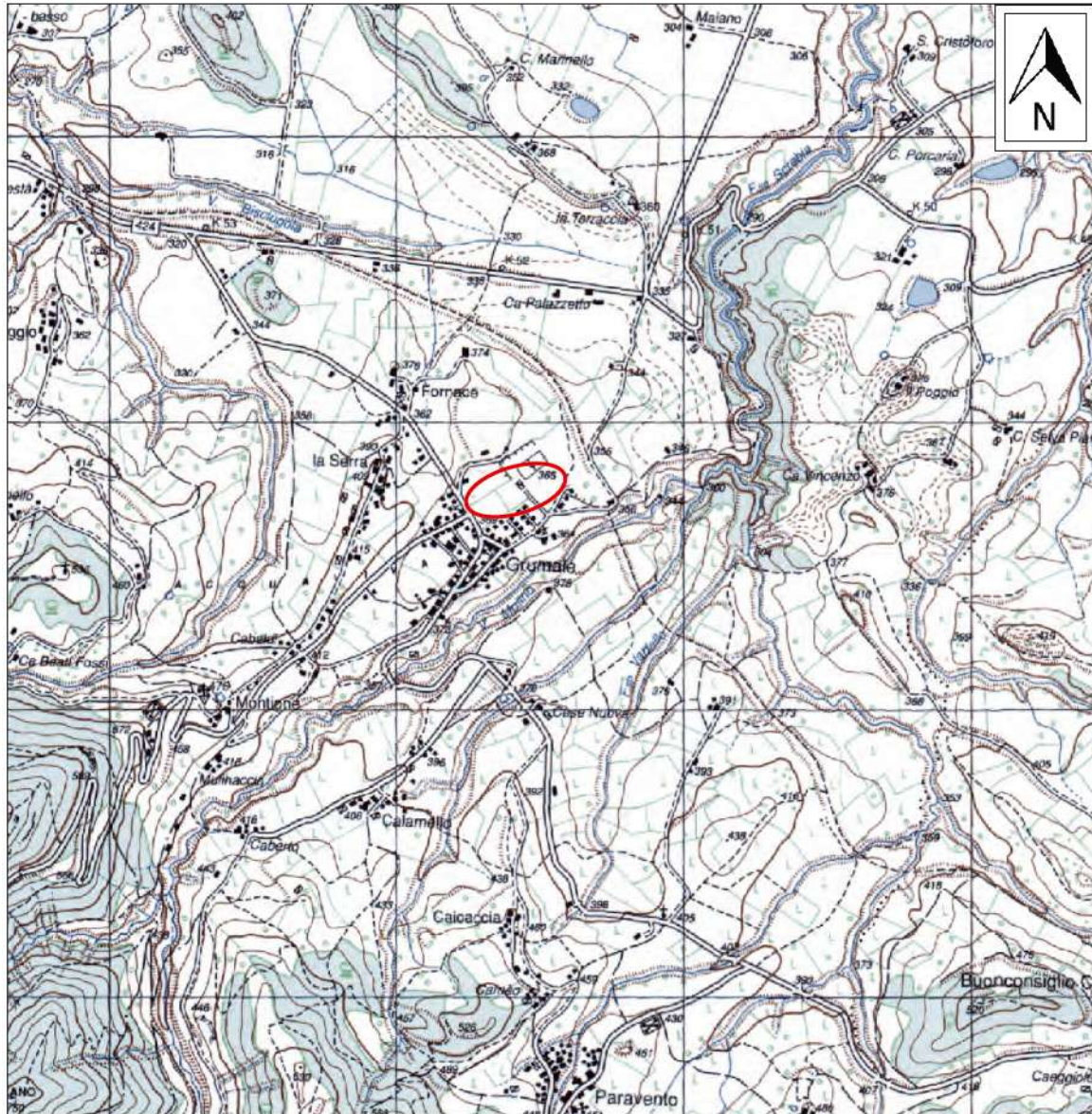
Cagli dicembre 2023

Il Geologo  
Dott. Francesco Tassi





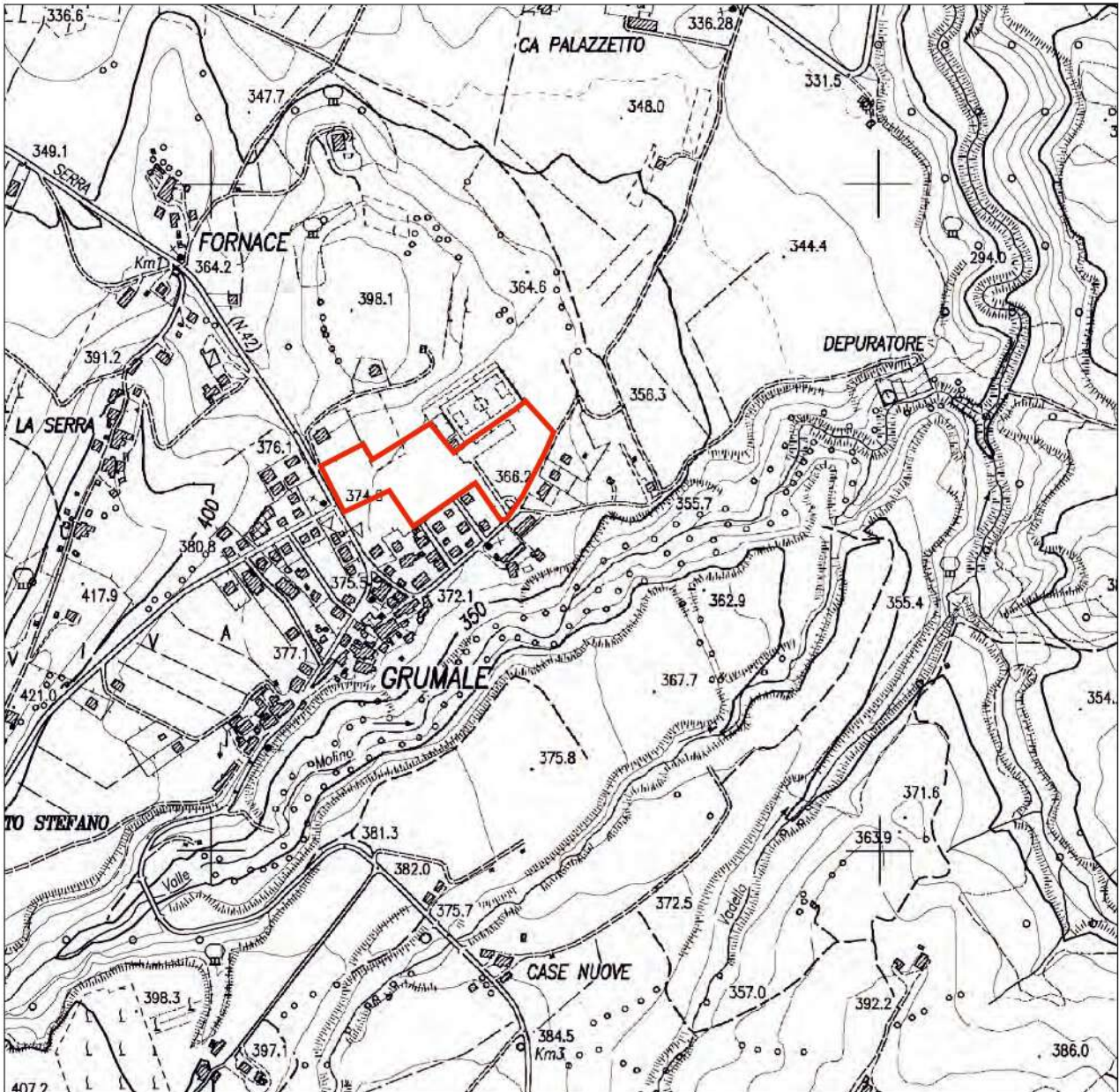
## Stralcio I.G.M. Foglio 291 IV "Frontone"



○ Ubicazione del sito



Stralcio 291050 "Frontone"



 Ubicazione dell'area



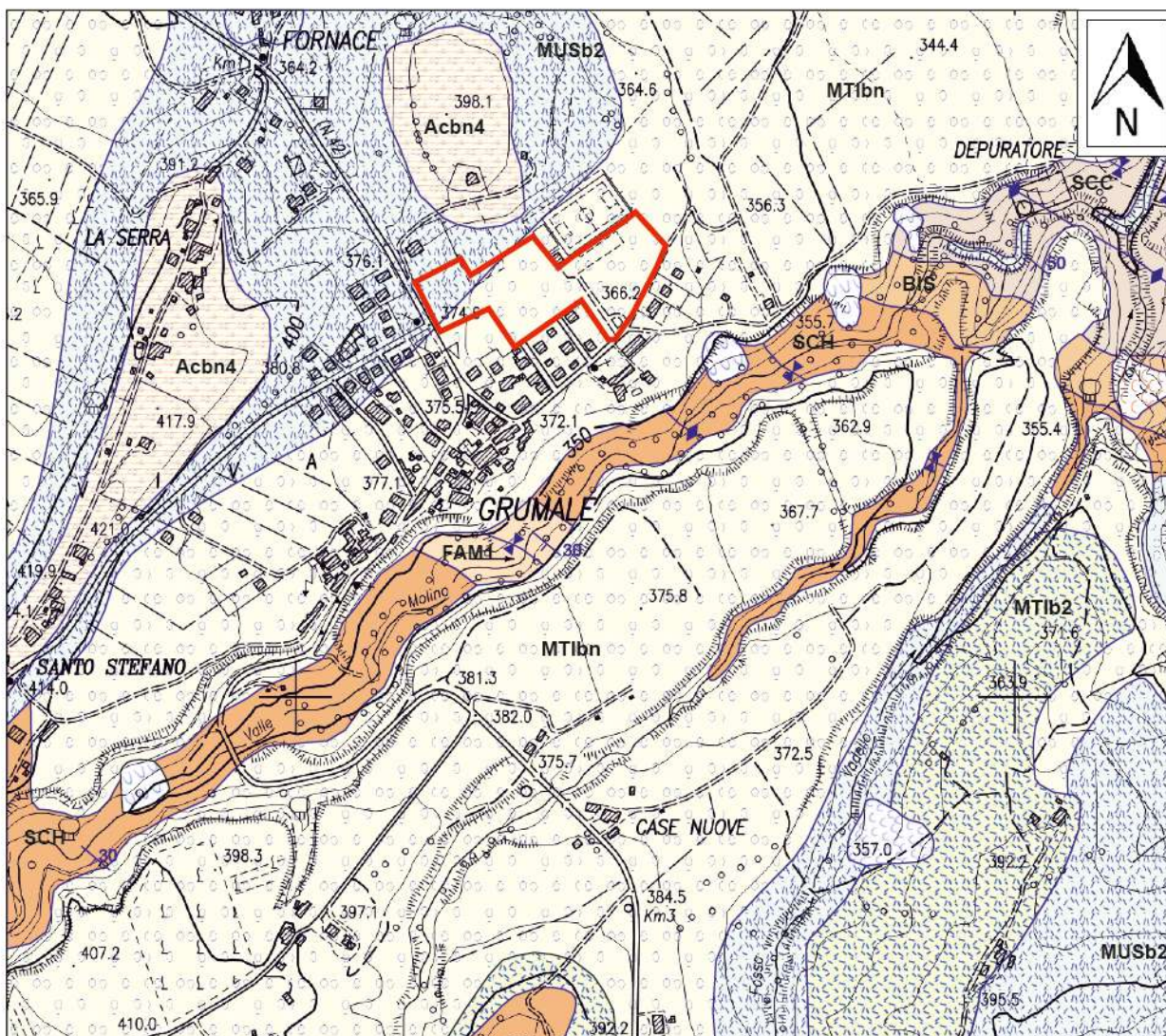
Foglio 194 particelle 7-33-736-737-827-870-871-872-873-874-875-876



 Ubicazione dell'area



Stralcio 291050 "Frontone"



**LEGENDA GEOLOGICA**

**DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI  
VERSANTE MARCHIGIANO**

**SINTEMA DEL MUSONE**

(OLOCENE)

- MUSa1q Frane senza indizi di evoluzione
- MUSb Depositi alluvionali attuali (ghiaia, sabbia, limo)
- MUSb2 Depositi eluvio-colluviali

**SINTEMA DI MATELICA**

(PLEISTOCENE SUPERIORE)

- MTIb2 Depositi eluvio-colluviali
- MTIbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SUPERSINTEMA DI COLLE OLIVO**

(PLEISTOCENE MEDIO-SOMMITALE)

- Acbn4 Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA  
SUCCESSIONE MIOCENICA**

- FAM1 FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA  
Membro di S. Angelo in Vado  
Tortoniano inf.-Messiniano basale

**SUCCESSIONE CALCAREO E/O MARNOSA  
CRETACICO-MIOCENICA**

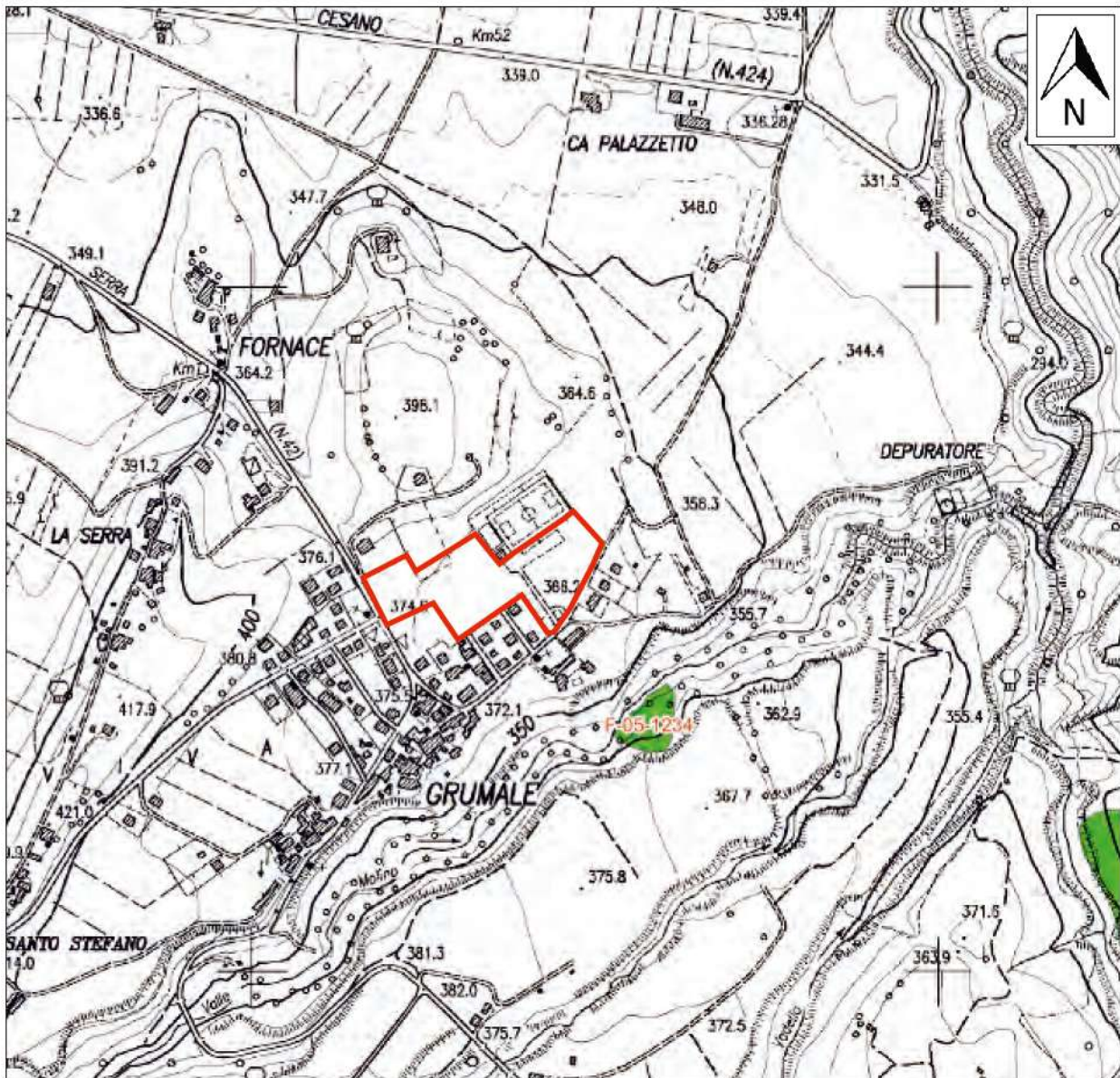
- SCH SCHLIER  
Langhiano-Messiniano
- BIS BISCIARO  
Aquitaniense p.p. - Burdigaliano p.p.
- SCC SCAGLIA CINEREA  
Priaboniano p.p. - Aquitaniano p.p.

- Contatto stratigrafico e/o litologico
- Stratificazione diritta
- Stratificazione contorta con valori medi di immersione ed inclinazione
- Traccia di superficie assiale di anticlinale
- Traccia di superficie assiale di sinclinale









## Stralcio tavola RI 27 c







### LEGENDA

Aree a rischio frana  
(codice F-xx-yyyy)

-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione  
(codice E-xx-yyyy)

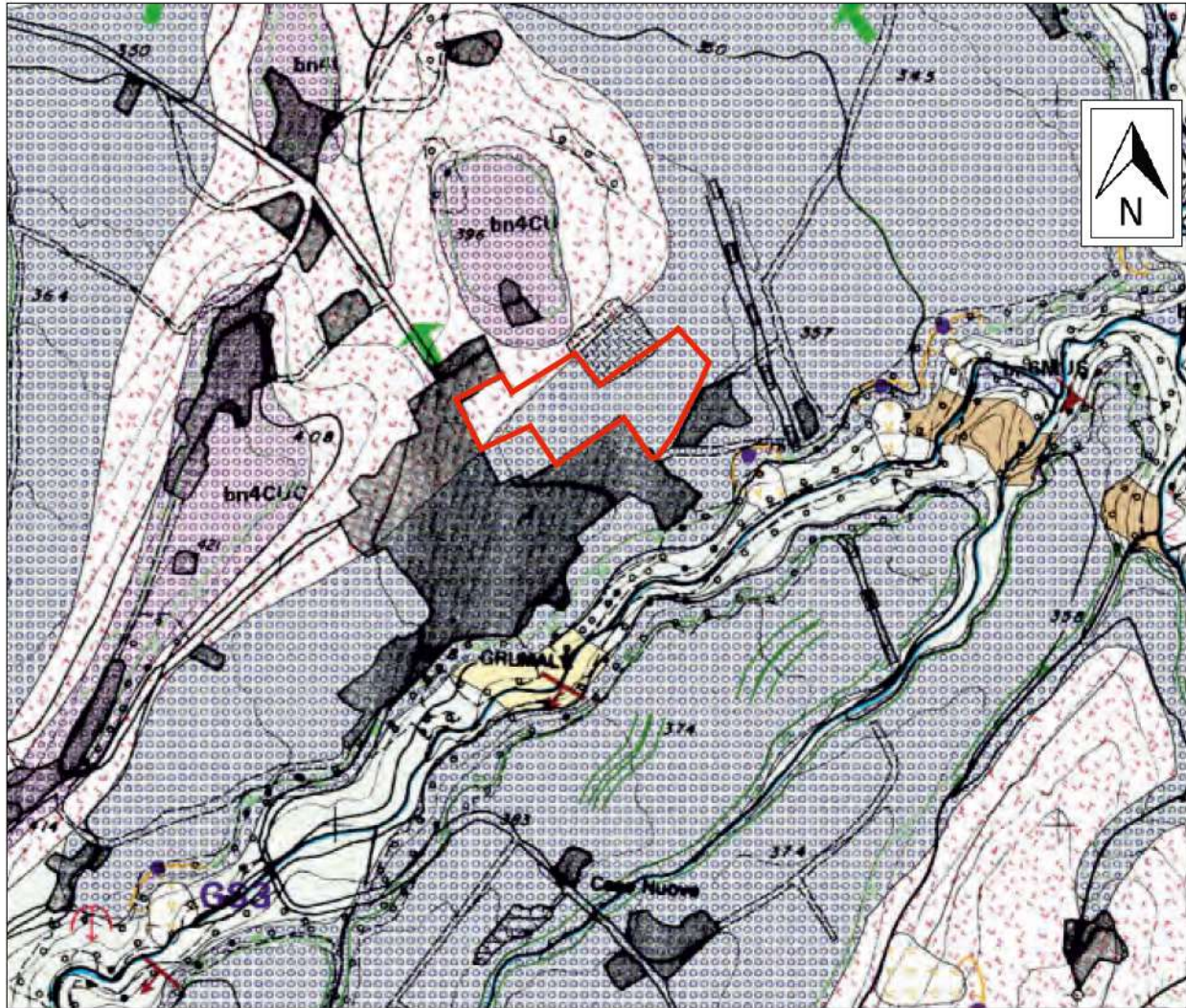
-  Rischio moderato (R1)
-  Rischio medio (R2)
-  Rischio elevato (R3)
-  Rischio molto elevato (R4)



Ubicazione dell'area



Stralcio 291050 "Frontone"



**LEGENDA**

(A) Attiva (NA) Non Attiva

**QUOTURE**

- 28-45 gradi
- 46-85 gradi
- 6-25 gradi

**FORME STRUTTURALI**

- Pico isolato

**FORME GRADIVATIVE**

- Contropendenza attiva
- Contropendenza non attiva

**FORME ANTROPICHE**

- Briglia

**SORGENTI**

- Sorgente perenne

**PUNTI DI CORONAMENTO**

- Punto di coronamento di frana

**PUNTI DI OSSERVAZIONE**

- Elementi geomorfologici
- Risorsa e prospettivi
- Abusi

**LITOLOGIA DEL SUBSTRATO**

- Rocce calcaree anticliche e gessose (GS 1)
- Rocce massime mesozoiche pelitiche e pelitiche (IG)
- Rocce con alterazione di differenti litotipi (GS4)

**DEPOSITI QUATERNARI**

- Alluvioni attuali (ghiaie) bMUS
- Alluvioni e conoidi terrazate (ghiaie) bMGAT
- Alluvioni terr. di Colle Ullivo (ghiaie) bM-CUC

**FRANA DI COLLO E RIBALTAMENTO (A)**

**FRANA DI SCORREMENTO (A)**

**FRANA DI SCORREMENTO (NA)**

**FRANA DI COLAMENTO (A)**

**FRANA DI COLAMENTO (NA)**

**DEPOSITI ALLUVIALI COLATI**

**DEBRITO DI VERSANTE (A)**

**DEBRITO DI VERSANTE (NA)**

**FORME GRADIVATIVE**

- Area soggetta a scivolamento

**FORME STRUTTURALI**

- Superficie strutturale
- Superficie strutturale degradata

**FORME DOVUTE ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI**

- Area a colabito
- Ripiano di erosione
- Gleccia di erosione
- Conoidi alluvionali (NA)
- Area a ricolamento diffuso

**FORME ANTROPICHE**

- Terzopino
- Cassa di espansione della piana

**FORME STRUTTURALI**

- Sous-solcamenti incerti o separati
- Sous-solcamenti
- Scarpata < 5m
- Scarpata 5-25m
- Scarpata > 25m
- Orlo di rilievo mesoclimale nei laghi
- Cresta in roccia

**FORME GRADIVATIVE**

- Scarpata di frana di colabito (A)
- Scarpata di frana di colabito (NA)
- Scarpata di frana di scorcimento (A)
- Scarpata di frana di scorcimento (NA)
- Scarpata di frana per colamento (A)
- Scarpata di frana per colamento (NA)
- Condono in roccia con scacchi di detrito
- Orlo di scarpata di degradazione (A)
- Orlo di scarpata di degradazione (NA)

**FORME DOVUTE ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI**

- Solca di ricolamento concavo
- Vallecola a V (A)
- Vallecola a fondo concavo (NA)
- Vallecola a fondo piatto (NA)
- Scarpata di erosione a di lamazza < 5m (A)
- Scarpata di erosione a di lamazza < 5m (NA)
- Scarpata di erosione a di lamazza 5-15m (A)
- Scarpata di erosione a di lamazza 5-15m (NA)
- Scarpata di erosione a di lamazza > 15m (A)
- Scarpata di erosione a di lamazza > 15m (NA)

**FORME ANTROPICHE**

- Orlo di scarpata di cura
- Rilievato stradale o ferroviario








**OROGRAFIA**

- Corso di acque perenne

**Ubicazione dell'area**



# LEGENDA

-  Pozzo per acqua
-  Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
-  Penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Penetrometrica dinamica super pesante (DPSH)
-  Penetrometrica dinamica pesante (DP)
-  Stazione microtremore a stazione singola
-  MASW

DOTT. GEOL. FRANCESCO TASSI  
via Raffaello Sanzio n°48, 61043 Cagli (PU)

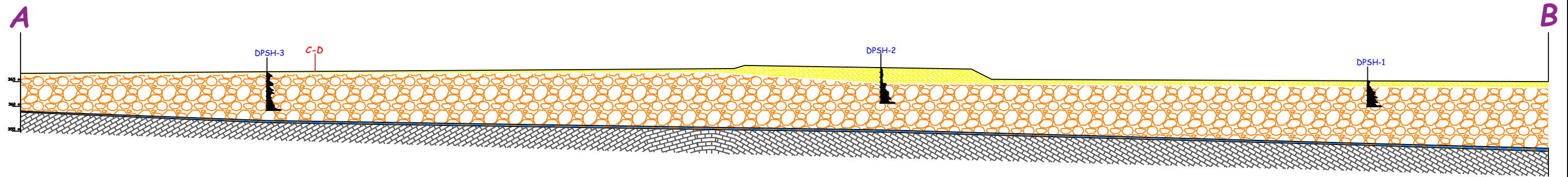
TAV. VII CARTA DELLE INDAGINI

scala 1:2000


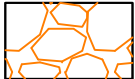
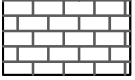



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community





Legenda

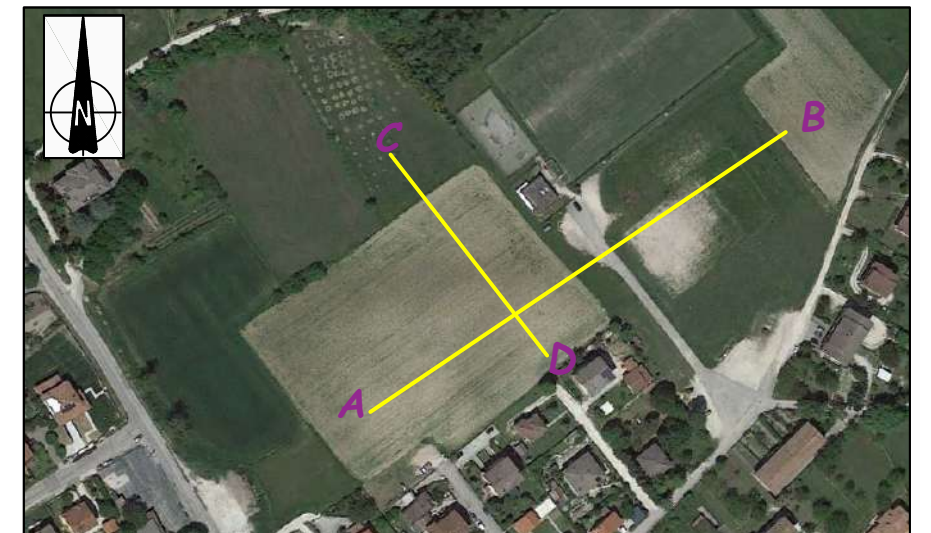
-  Terreno vegetale (livello 1)
-  Ghiaia molto addensata con limo (depositi di conoide) (livello 2)
-  Substrato marnoso (Formazione Schlier) (livello 3)
-  Falda

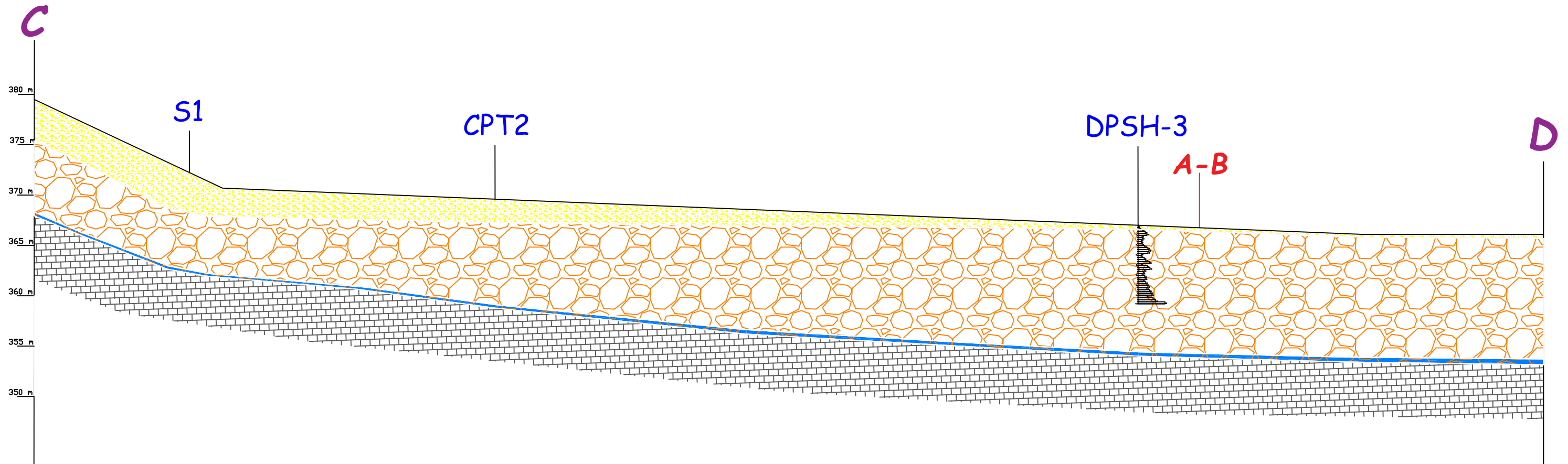
Sezione intersecata

C-D

Traccia sezione

A B

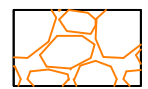




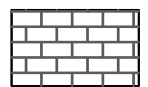
Legenda



Terreno vegetale  
(livello 1)



Ghiaia molto addensata con limo (depositi di conoide)  
(livello 2)



Substrato marnoso (Formazione Schlier) (livello 3)



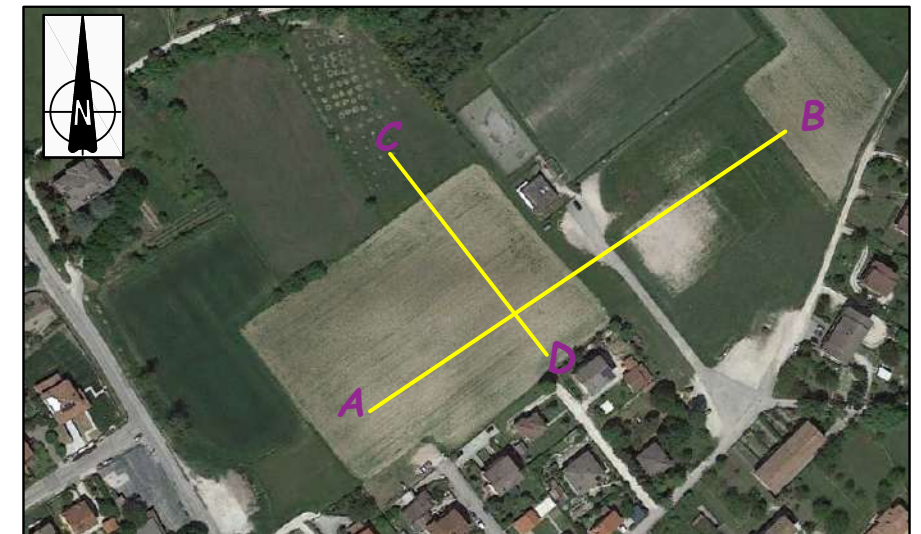
Falda

Sezione intersecata

A-B

Traccia sezione

C D



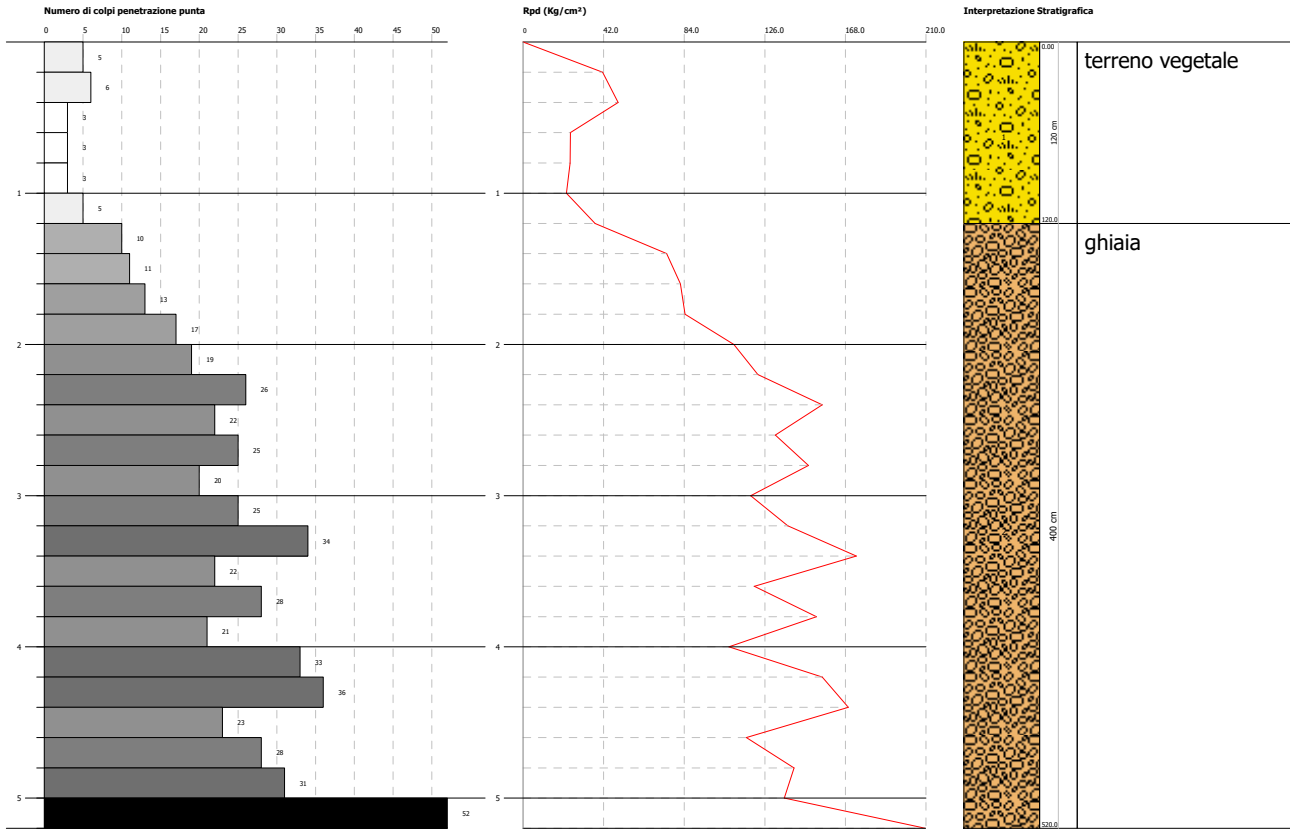


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data : 11/12/2023

Scala 1:50

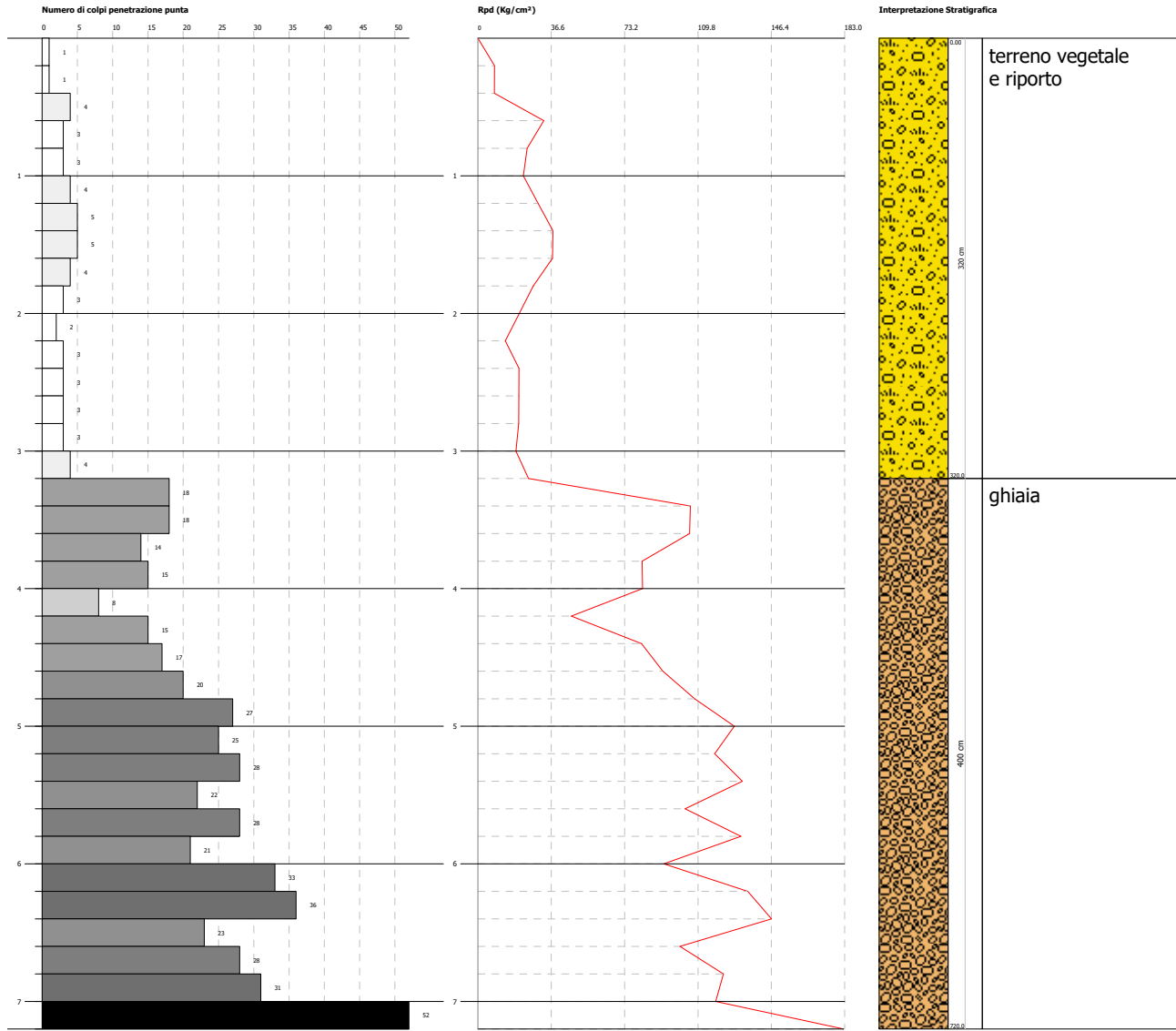


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data : 11/12/2023

Scala 1:50



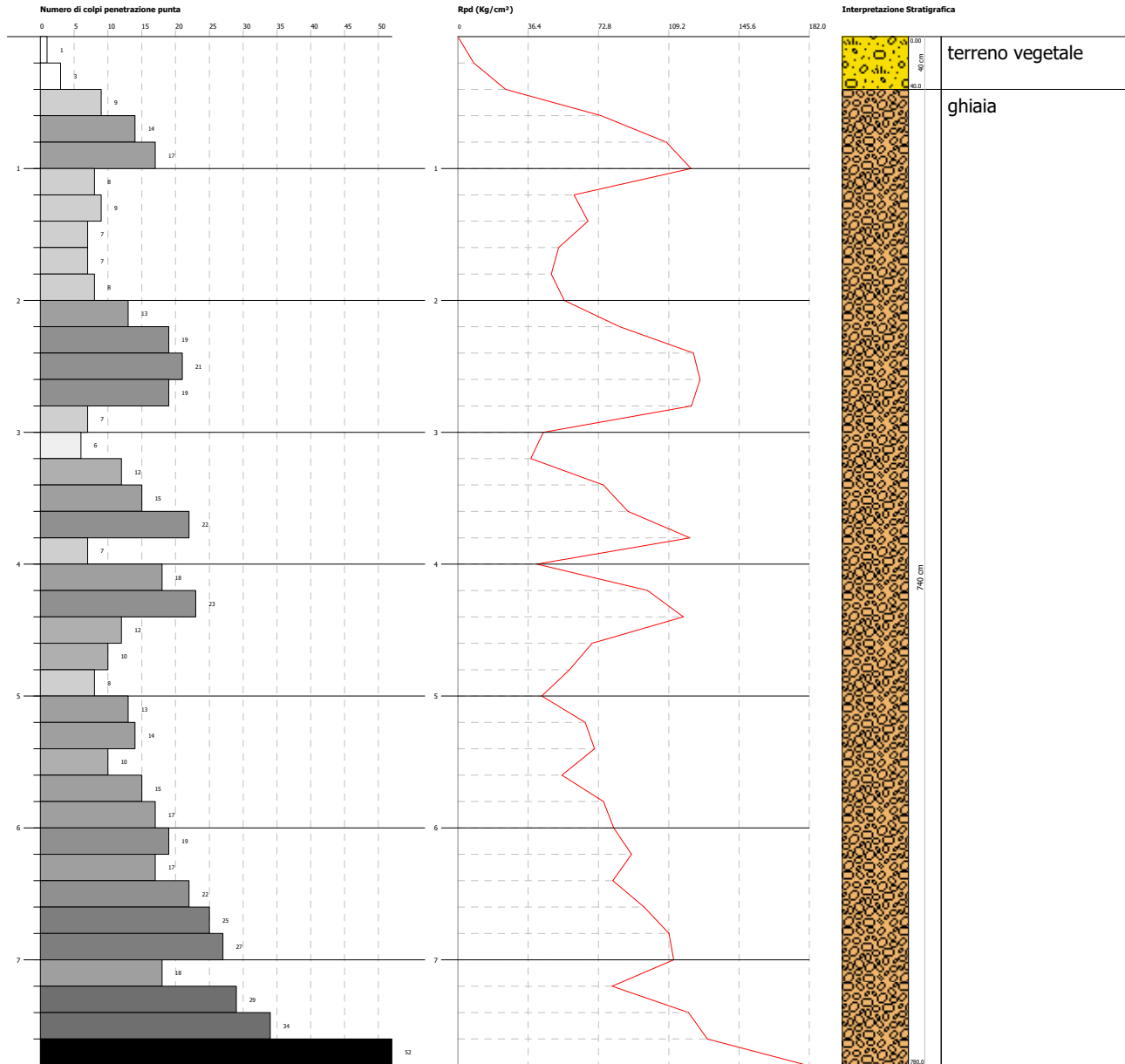


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente :  
Cantiere :  
Località :

Data : 11/12/2023

Scala 1:50





COMUNE DI CAGLI  
Località Acquaviva

DATA: 30/08/2023

Sondaggio 1

COMMITTENTE: Sig. Zepponi Camillo-Zepponi Jose

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H <sub>2</sub> O	CAMPIONI	INTERPRETAZIONE
1		Terreno vegetale limoso argilloso di color marrone con presenza di ciottoli e ghiaia arrotondata di color rosa e bianco e spigolosa di color grigio-bianco			Depositi eluvio-colluviali
2					
3					
4					
5		Ghiaia e ciottoli rosa e bianco, a luoghi grigi spigolosi immersi in una matrice limosa-sabbiosa di color rossastro umida			Depositi da conoide alluvionale
6					
7					
8		Ghiaia e ciottoli rosa e bianco, a luoghi grigi spigolosi immersi in una matrice limosa-sabbiosa di color rossastro, il quantitativo di matrice diminuisce rispetto a sopra e si ha presenza di umidità e poi anche acqua			Depositi da conoide alluvionale
9					
10					
11		Substrato alterato fratturato di tipo marnoso e color giallastro, grigio-marrone			Formazione dello Schlier
12					
13		Substrato marnoso di colore grigio, integro, assenza di fratture alterate integro			Formazione dello Schlier
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

-9,50 m

DOPO 2 GG  
E 14 ORE  
30 CM





**DPSH1**



**DPSH2**





**DPSH3**



**S1**





**S1**



**S1**



50 m



**SHOT 64**



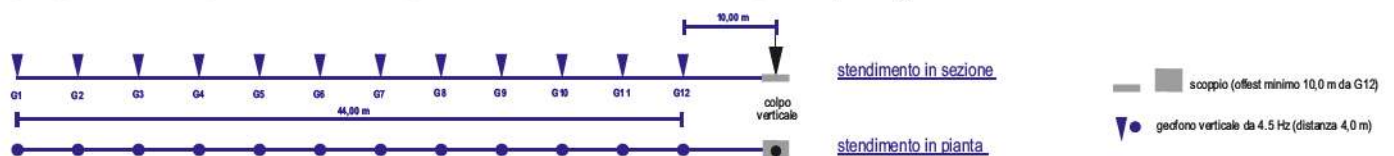
**STENDIMENTO MASW 1**

- Asse stendimento MASW in onde R (54 m)
- SHOT 64 Scoppio (offset minimo 10,0 m da G12)
- Geofono verticale da 4,5 Hz (distanza intergeofonica 4,0 m)

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STENDIMENTO "MASW1"**



**GEOMETRIA STENDIMENTO ARRAY LINEARE "MASW 1 (ZVF)"**

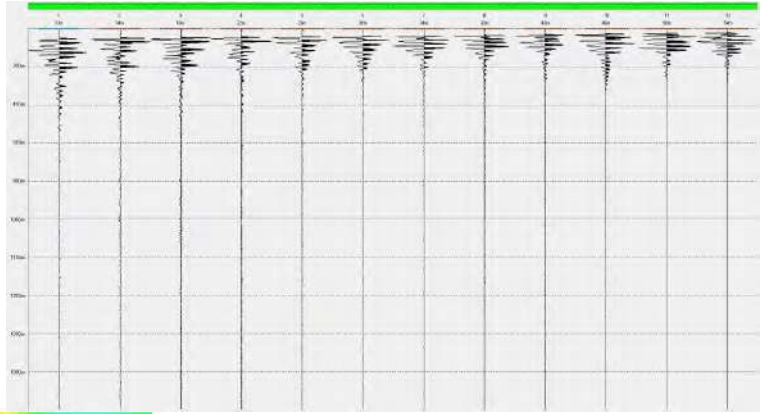




**STEP 1 TRACCE DEI SEGNALI ACQUISITI**

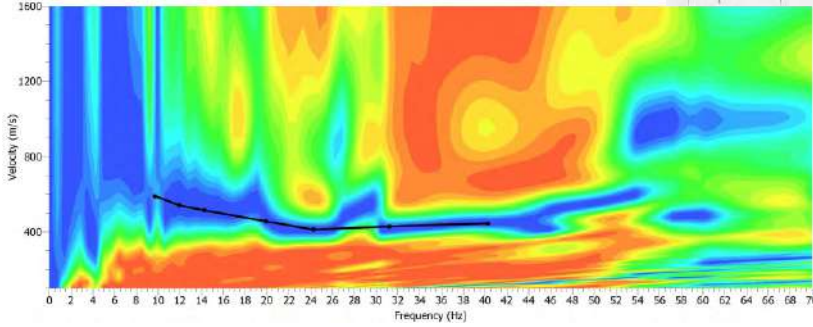
Committente: COMUNE DI CAGLI  
Comune: CAGLI (PU)  
Località: ACQUAVIVA

N. tracce	12
Frequenza di campionamento	5000
Periodo di campionamento (sec)	2,0
Distanza geofoni (m)	4,0

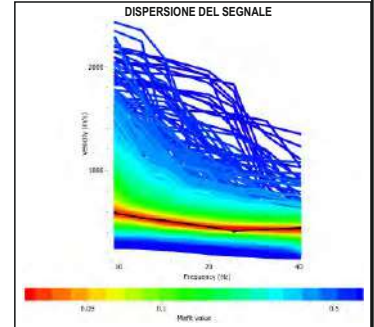


**STEP 2 SPETTRO  
Frequenza - Velocità (di fase)**

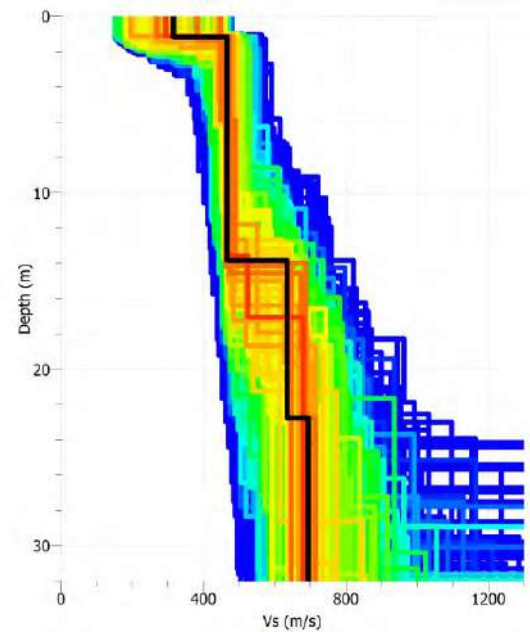
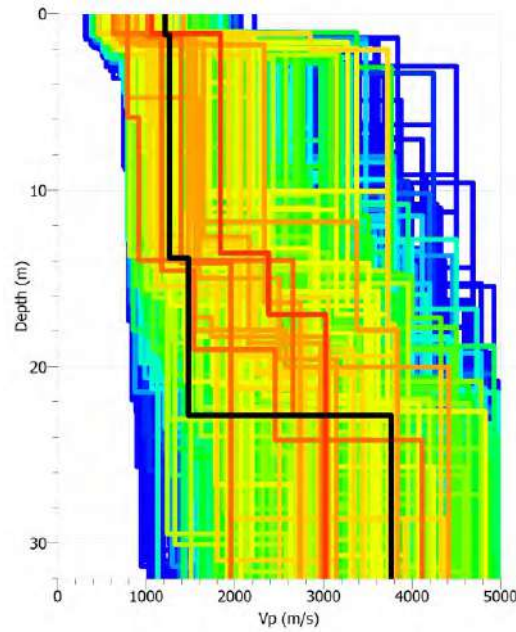
Shot at (64, 0, 0), time=2023-04-09 00:00:00



Frequenza minima di elaborazione (Hz)	0,0
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	70,0
Velocità minima di elaborazione (m/sec)	50,0
Velocità massima di elaborazione (m/sec)	2200,0



**STEP 3 INVERSIONE E DETERMINAZIONE Vs eq**



— Minimum misfit value

**MODELLO SISMICO DI SINTESI - MASW 1 (mean model)**

n. iesimo sismostrato	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	Da 0 a 1,17	1,17	317,00
2	Da 1,17 a 13,83	12,66	466,00
3	Da 13,83 a 22,83	9,00	635,00
4	Oltre 22,83		693,00

**REGIONE MARCHE  
COMUNE DI CAGLI  
FRAZIONE ACQUAVIVA**

**COMMITTENTE: COMUNE DI CAGLI**

**STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO E SISMICO  
PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN CAMPO DA CALCETTO COPERTO  
SITO NEL COMUNE DI CAGLI (PU) IN FRAZIONE ACQUAVIVA**

**Allegato n°1  
DIAGRAMMI PENETROMETRICI**





di **DONNINI A. & MANTONI F.**

Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)  
Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947  
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

**INDAGINI & GEOFISICHE**  
**PROVE IN SITO**  
[servizisismici@hotmail.it](mailto:servizisismici@hotmail.it)

## **PROVA PENETROMETRICA STATICA**

### **C.P.T. Cone Penetration Test**

Prove n°: CPT.1 - CPT.2

Committente: COMUNE DI CAGLI

Caniliere: CAMPO DI CALCETTO

Località: ACQUAVIVA-CAGLI-(PU)

**CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE**  
(Penetrometro Statico Semovente Autoancorante Pagani TG 63-200)  
Capacità di Spinta 200 Kn

Rif. Norme:

Diametro Punta Conica:

Angolo di apertura punta:

Area punta:

Superficie manicotto di attrito:

Rapporto delle aree di punta:

Rapporto delle aree del manicotto:

Passo di lettura:

Costante di trasformazione Ct:

ASTM D3441-86

35.7 mm

60°

10 cmq

150cmq

0.58

0.014

20 cm

10 m

### **LEGENDA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA**

fs: attrito laterale sulla superficie del manicotto

Qc: resistenza specifica alla punta del cono

Qc/fs: Rapporto Begemann 1965

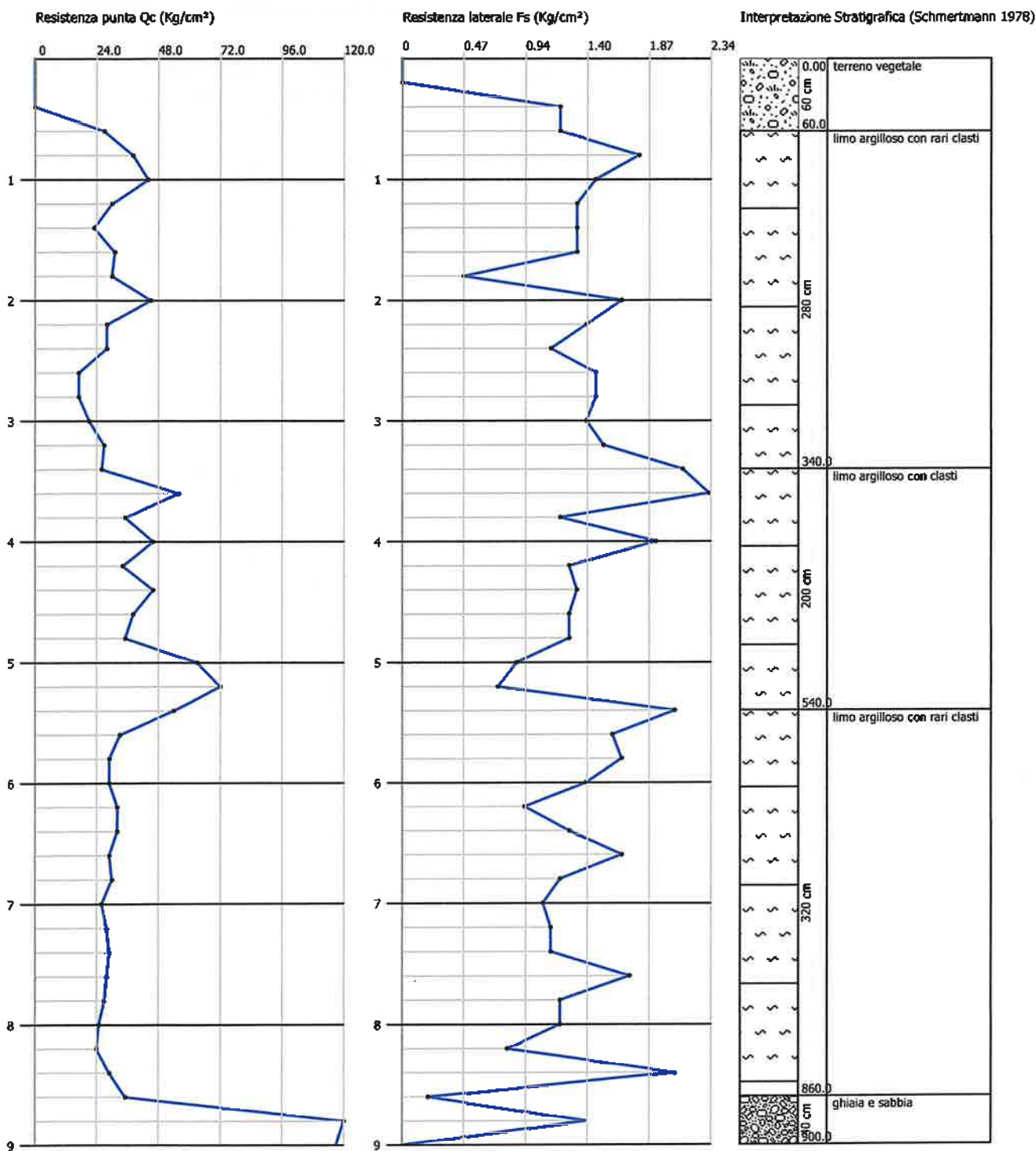
Sassoferrato, 10 maggio 2019

Servizi Sismici Snc

**Probe CPT - Cone Penetration CPT 1**  
**Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)**

Committente: Comune di Cagli  
 Cantiere: Acquaviva  
 Località: Cagli

Data: 07/04/2019





**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPT.1**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Baligh ed altri 1980 Nk=21	0.43
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		1.36
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		2.24
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		1.32

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	41.22
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		57.86
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		95.8
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		58.12

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	P.W.Mayne 1991	1.6
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		5.59
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		9.0
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		5.61

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		2.0
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		2.1
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		2.0

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	Lancellotta 1983	47.41
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		48.61
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		27.08
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		71.42

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI - CPT.1**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Baligh ed altri 1980 Nk=21	0.43
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		1.36
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		2.24
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		1.32

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	41.22
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		57.86
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		95.8
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		58.12

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	P.W.Mayne 1991	1.6
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		5.59
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		9.0
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		5.61

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.60	9.0	0.8	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3		2.0
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		2.1
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		2.0

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	Lancellotta 1983	47.41
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		48.61
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		27.08
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		71.42



Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	Herminier	27.13
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		25.21
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		22.62
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		27.31

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	ISOPT-1 1988	41.71
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		72.13
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		53.0
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		196.89

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	Kulhawy & Mayne (1990)	0.57
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		0.43
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		0.22
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		0.57

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	3.40	28.93	1.42	0.3	0.3	Meyerhof	1.8
Strato 3	5.40	47.9	1.43	0.8	0.8		1.8
Strato 4	8.60	29.06	1.27	1.3	1.3		1.8
Strato 5	9.00	154.0	0.7	1.7	1.7		1.9

PROVA ...CPT 2

Committente: Comune di Cagli  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 07/04/2019  
 Profondità prova: 4.00 mt  
 Località: Cagli

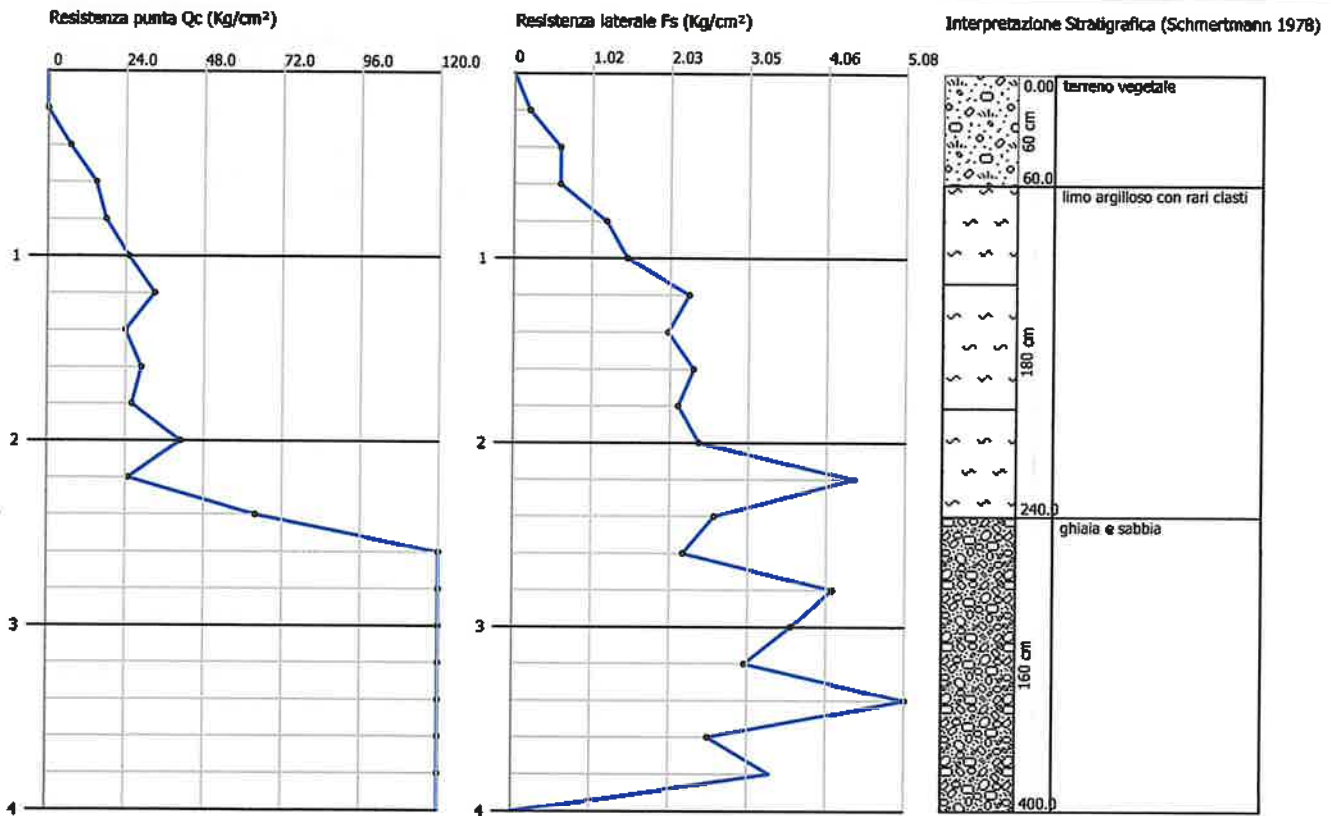
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.2	0.0	
0.40	7.00	10.0	7.0	0.6	11.667	8.6
0.60	15.00	24.0	15.0	0.6	25.0	4.0
0.80	18.00	27.0	18.0	1.2	15.0	6.7
1.00	25.00	43.0	25.0	1.47	17.007	5.9
1.20	33.00	55.0	33.0	2.27	14.537	6.9
1.40	24.00	58.0	24.0	2.0	12.0	8.3
1.60	29.00	59.0	29.0	2.33	12.446	8.0
1.80	26.00	61.0	26.0	2.13	12.207	8.2
2.00	41.00	73.0	41.0	2.4	17.083	5.9
2.20	25.00	61.0	25.0	4.4	5.682	17.6
2.40	64.00	130.0	64.0	2.6	24.615	4.1
2.60	131.00	170.0	131.0	2.2	59.545	1.7
2.80	144.00	177.0	144.0	4.13	34.867	2.9
3.00	177.00	239.0	177.0	3.6	49.167	2.0
3.20	247.00	301.0	247.0	3.0	82.333	1.2
3.40	267.00	312.0	267.0	5.07	52.663	1.9
3.60	222.00	298.0	222.0	2.53	87.747	1.1
3.80	156.00	194.0	156.0	3.33	46.847	2.1
4.00	162.00	212.0	162.0	0.0		0.0



**Probe CPT - Cone Penetration CPT 2**  
**Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)**

Committente: Comune di Cagliari  
 Cantiere: Acquaviva  
 Località: Cagliari

Data: 07/04/2019



**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI – CPT.2**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	7.33	0.47	0.0	0.0	Baligh ed altri 1980 Nk=21	0.35
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3		1.5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.60	7.33	0.47	0.0	0.0	Metodo generale del modulo Edometrico	36.33
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3		63.34

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	0.60	7.33	0.47	0.0	0.0	Meyerhof	1.8
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3		2.0

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3	Lancellotta 1983	53.52
Strato 3	4.00	188.25	2.98	0.6	0.6		91.8

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3	Herminier	29.29
Strato 3	4.00	188.25	2.98	0.6	0.6		37.93



Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3	ISOPT-1 1988	42.52
Strato 3	4.00	188.25	2.98	0.6	0.6		188.25

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3	Kulhawy & Mayne (1990)	0.70
Strato 3	4.00	188.25	2.98	0.6	0.6		1.25

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	2.40	31.67	2.31	0.3	0.3	Meyerhof	1.8
Strato 3	4.00	188.25	2.98	0.6	0.6		1.9

**REGIONE MARCHE  
COMUNE DI CAGLI  
FRAZIONE ACQUAVIVA**

**COMMITTENTE: COMUNE DI CAGLI**

**STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO E SISMICO  
PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN CAMPO DA CALCETTO COPERTO  
SITO NEL COMUNE DI CAGLI (PU) IN FRAZIONE ACQUAVIVA**

**Allegato n°2  
REPORT GEOFISICO HVSR**





di **DONNINI A. & MANTONI F.**

Via Piano di Frassineta, 109 - 60041 Sassoferrato (AN)  
Tel/Fax: 0732/96839 - Cell.: 338/9056200 & 328/2652947  
P.Iva: 02495830420 - C.F.: 02495830420

**INDAGINI & GEOFISICHE**  
**PROVE IN SITO**  
[servizisismici@hotmail.it](mailto:servizisismici@hotmail.it)

**INDAGINE SISMICA ESEGUITA CON LA TECNICA DEI RAPPORTI  
SPETTRALI (HVSr) PER IL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN  
CAMPO DA CALCETTO COPERTO SITO NEL COMUNE  
DI CAGLI (PU) IN FRAZIONE ACQUAVIVA**

**COMMITTENTE: COMUNE DI CAGLI**



**SASSOFERRATO, 10 MAGGIO 2019 SERVIZI SISMICI Snc**

### **Cenni sulla teoria della tecnica HVSR**

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo  $V_{s30}$  attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo  $V_{s30}$ .

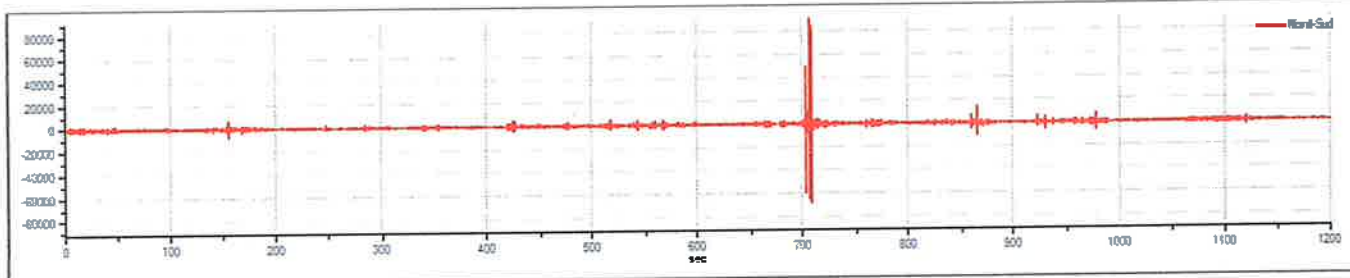


## Tracce in input

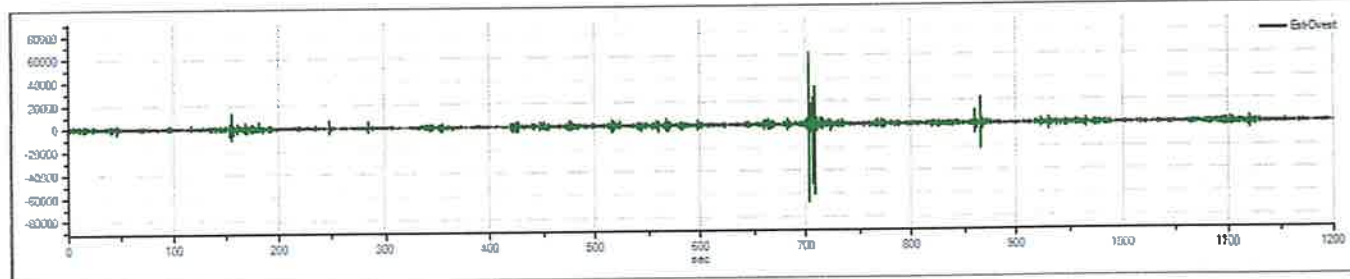
### Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	200.00 Hz
Numero campioni:	240000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

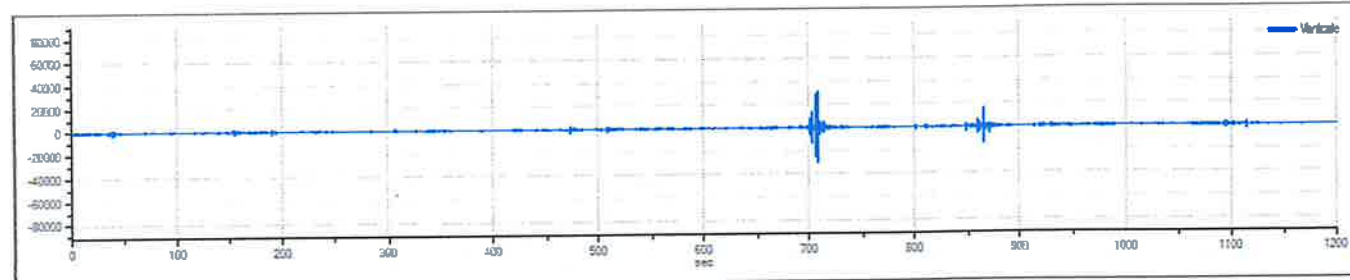
### Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

## Finestre selezionate

### Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 57  
 Numero finestre incluse nel calcolo: 57  
 Dimensione temporale finestre: 20.480 s  
 Tipo di lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

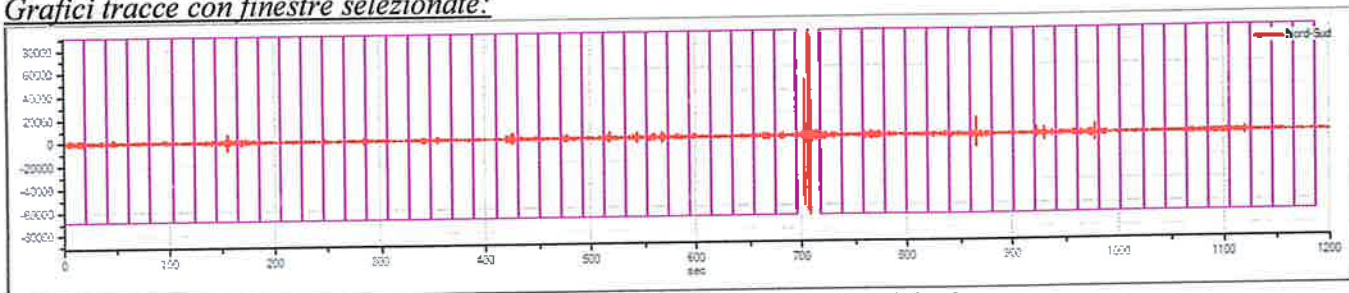
### Tabella finestre:

Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	0	20.48	Inclusa
2	20.48	40.96	Inclusa
3	40.96	61.44	Inclusa
4	61.44	81.92	Inclusa
5	81.92	102.4	Inclusa
6	102.4	122.88	Inclusa
7	122.88	143.36	Inclusa
8	143.36	163.84	Inclusa
9	163.84	184.32	Inclusa
10	184.32	204.8	Inclusa
11	204.8	225.28	Inclusa
12	225.28	245.76	Inclusa
13	245.76	266.24	Inclusa
14	266.24	286.72	Inclusa
15	286.72	307.2	Inclusa
16	307.2	327.68	Inclusa
17	327.68	348.16	Inclusa
18	348.16	368.64	Inclusa
19	368.64	389.12	Inclusa
20	389.12	409.6	Inclusa
21	409.6	430.08	Inclusa
22	430.08	450.56	Inclusa
23	450.56	471.04	Inclusa
24	471.04	491.52	Inclusa
25	491.52	512	Inclusa
26	512	532.48	Inclusa
27	532.48	552.96	Inclusa
28	552.96	573.44	Inclusa
29	573.44	593.92	Inclusa
30	593.92	614.4	Inclusa
31	614.4	634.88	Inclusa
32	634.88	655.36	Inclusa
33	655.36	675.84	Inclusa
34	675.84	696.32	Inclusa
35	716.8	737.28	Inclusa
36	737.28	757.76	Inclusa
37	757.76	778.24	Inclusa
38	778.24	798.72	Inclusa
39	798.72	819.2	Inclusa
40	819.2	839.68	Inclusa
41	839.68	860.16	Inclusa
42	860.16	880.64	Inclusa
43	880.64	901.12	Inclusa
44	901.12	921.6	Inclusa
45	921.6	942.08	Inclusa
46	942.08	962.56	Inclusa
47	962.56	983.04	Inclusa
48	983.04	1003.52	Inclusa
49	1003.52	1024	Inclusa
50	1024	1044.48	Inclusa
51	1044.48	1064.96	Inclusa
52	1064.96	1085.44	Inclusa

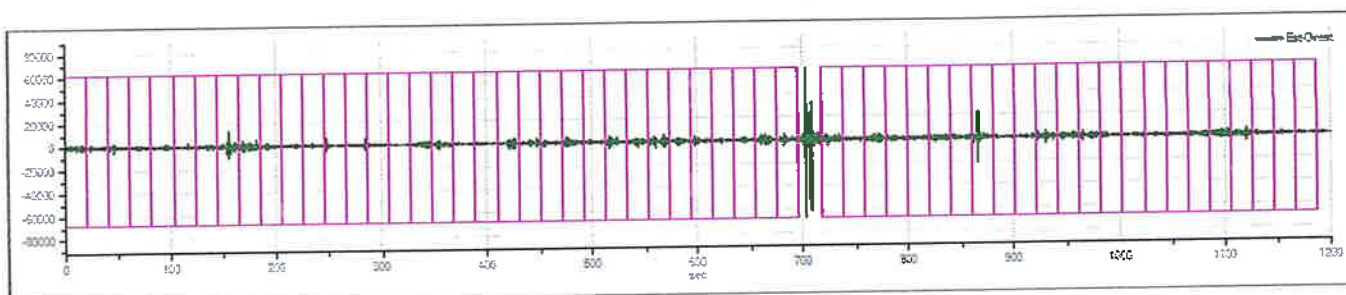


53	1085.44	1105.92	Inclusa
54	1105.92	1126.4	Inclusa
55	1126.4	1146.88	Inclusa
56	1146.88	1167.36	Inclusa
57	1167.36	1187.84	Inclusa

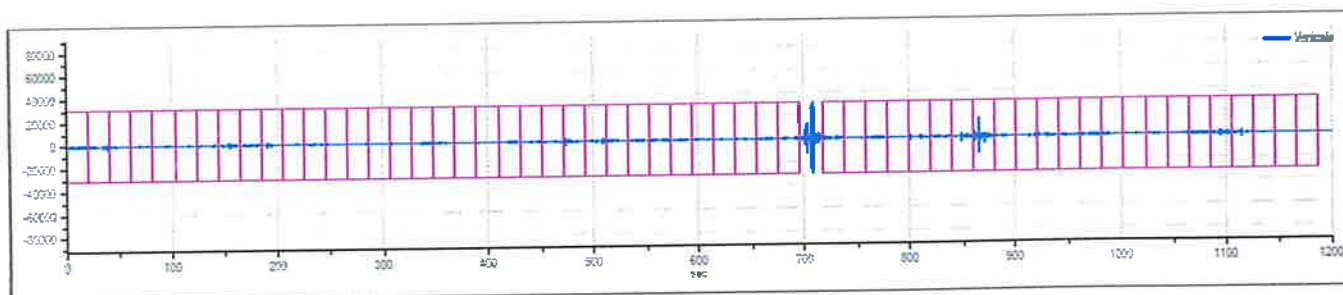
*Grafici tracce con finestre selezionate:*



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

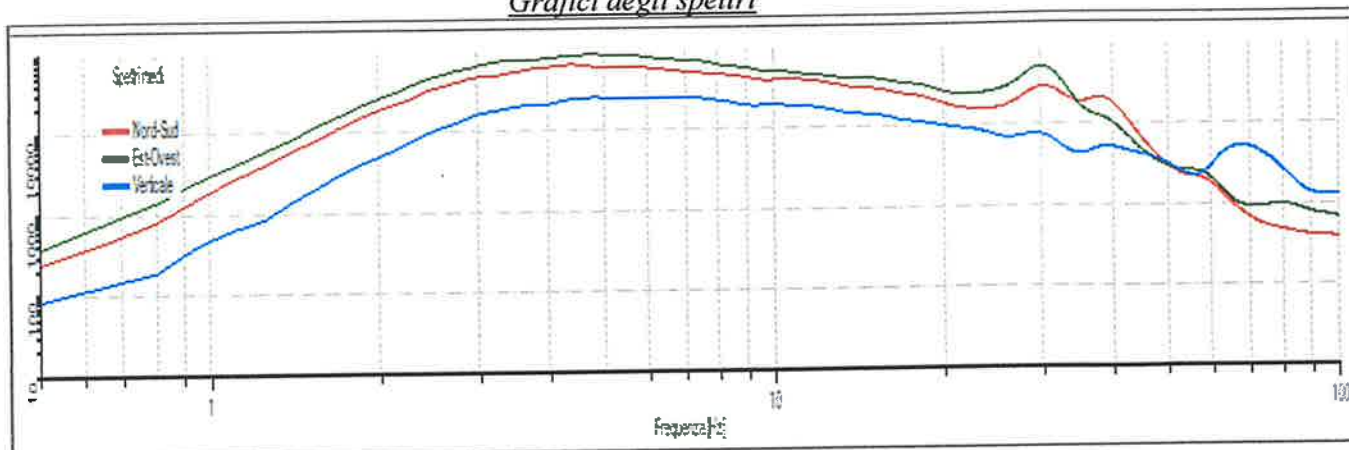


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

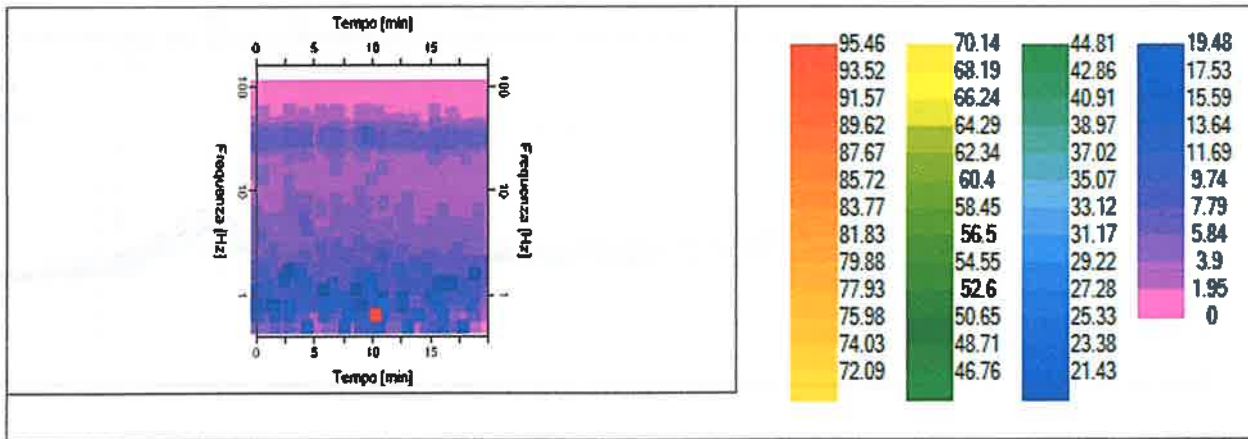


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

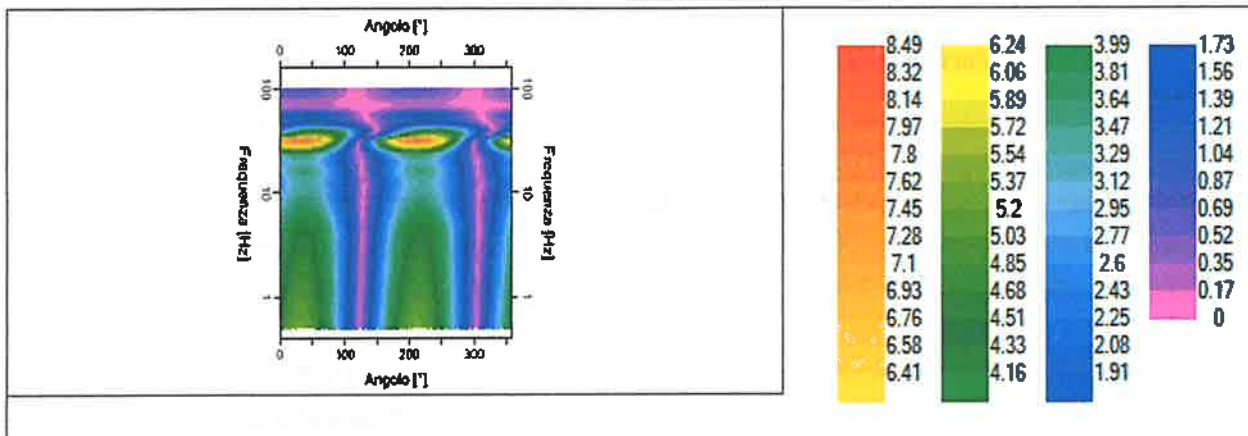
*Grafici degli spettri*



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

## Rapporto spettrale H/V

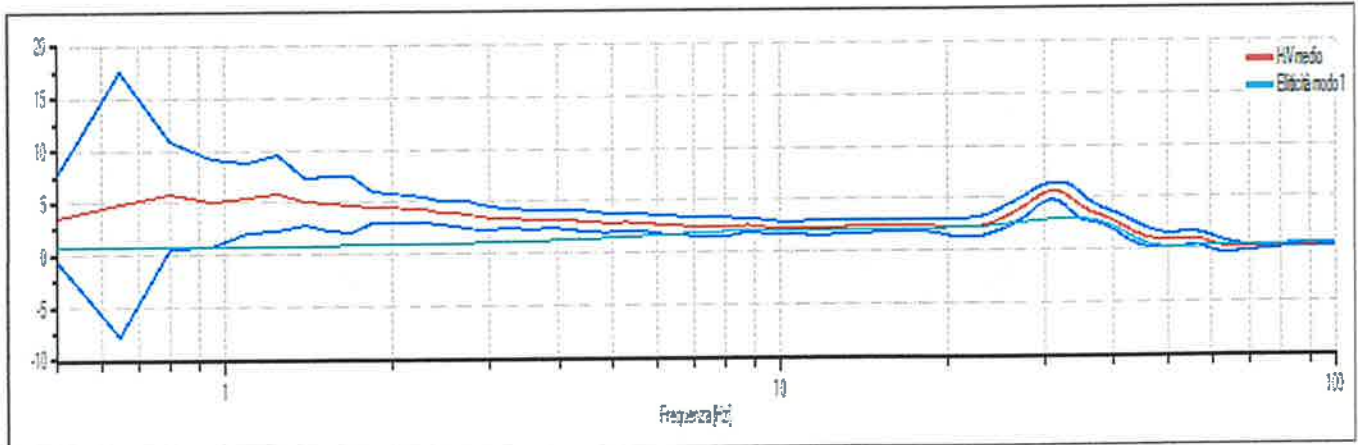
### Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 100.00 Hz  
 Frequenza minima: 0.50 Hz  
 Passo frequenze: 0.15 Hz  
 Tipo lisciamento: Triangolare proporzionale  
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %  
 Tipo di somma direzionale: Media aritmetica

### Risultati:

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 32.25 Hz ±0.24 Hz**

### Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

#### Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

### Modello stratigrafico

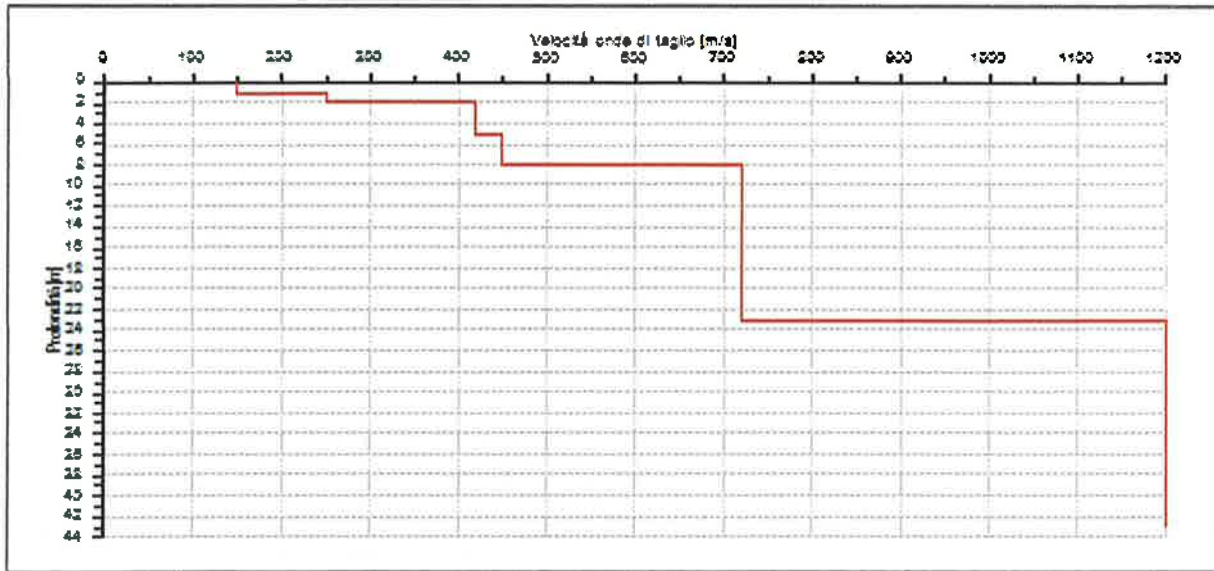
#### Dati riepilogativi:

Numero strati:	6
Frequenza del picco dell'ellitticità:	33.35 Hz
Valore di disadattamento:	-1.00
Valore Vs30:	586.59 m/s
Valore VsEquivalente:	571.42 m/s

#### Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	18	0.4	150
2	1	1	20	0.36	250
3	2	3	21	0.33	420
4	5	3	22	0.32	450
5	8	15	23	0.3	720
6	23	20	23.5	0.26	1200



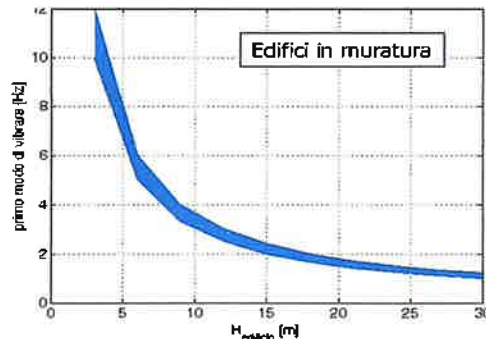
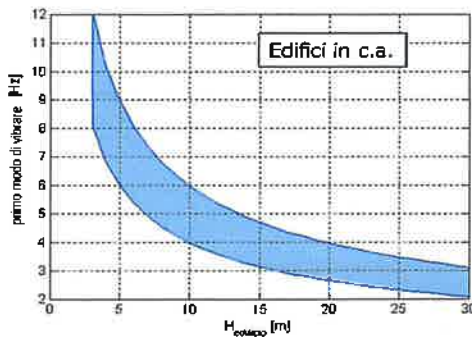


Profilo delle velocità delle onde di taglio.

## CONCLUSIONI

La prova eseguita nell'area in esame ha permesso di ricavare i seguenti dati:

La curva H/V media (curva rossa) mostra un picco alla frequenza di circa 30 Hz con rapporto H/V leggermente maggiore del valore 3. Tale picco imputabile ad un contrasto di impedenza esistente in prossimità della superficie è collocato al di fuori del campo delle frequenze di interesse ingegneristico (vedi grafico seguente).



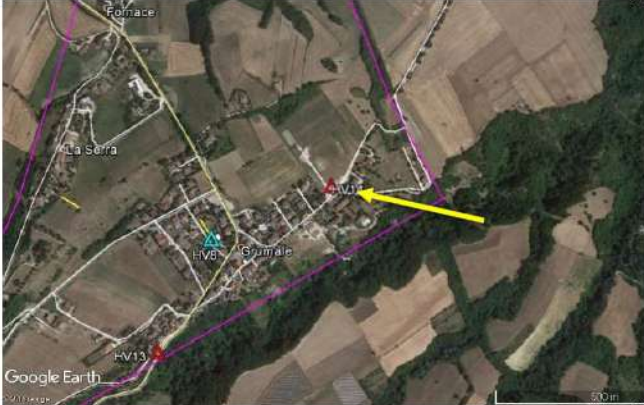

Dal profilo Vs stimato si rilevano terreni dotati di una bassa velocità di propagazione delle onde di taglio, fino alla profondità di circa 2,0 metri dal p.c.. Oltre tale profondità la velocità di propagazione delle onde di taglio tende a crescere progressivamente con la profondità fino a raggiungere i valori tipici della locale formazione di base e poi successivamente i valori del bedrock sismico alla quota di circa 23 metri dal piano campagna. La velocità equivalente stimata delle onde di taglio nei primi 23 metri di suolo a partire dal p.c. è di 571,42 m/sec.

Sassoferrato, 10 maggio 2019

**SERVIZI SISMICI S.n.c.**  
 di **Donnini A. & Mantoni F.**  
 Via Piano di Frassineta, 109  
 60041 - SASSOFERRATO (AN)  
 Cod. Fisc. e P.IVA: 02795830420  
 N. Rea: N-182227

*Giuseppe Scerifano*

Campagna	CAGLI	Data	15-10-2018
Sito	Località Acquaviva	Operatore	M. La Corte
Strumento acquisitore	Tromografo	Sismometro tipo	SARA GEOBOX
Frequenza sismometro	-	Fondo Scala	4,5 Hz
Freq. Campionamento	300 Hz	GPS LOC	No
Inizio Registrazione	05:37	Durata (sec)	1200
NOME FILE	MT_20181015_053735	FORMATO FILE	SAF
<b>Coordinate</b>			
	GPS	UTM	ALTRO
Longitudine E		313443.00m	
Latitudine N		4822516.00m	
QUOTA (m s.l.m.)	363		

<b>Indicazioni sul sito:</b>		Cagli – Loc. Acquaviva	
<i>Mappa generale</i>		<i>Foto postazione di acquisizione</i>	
			
<b>SEZ. 1</b>	<b>ISTALLAZIONE SISMOMETRO: Accoppiamento</b>		
<input type="radio"/> Roccia	<input type="radio"/> Asfalto	<input type="radio"/> Sabbia	<input type="radio"/> Erba
<input checked="" type="radio"/> Terreno Riporto	<input type="radio"/> Terreno compatto	<input type="radio"/> Terreno bagnato	<input type="radio"/> Terreno secco
<input type="radio"/> Cemento	<input type="radio"/> Sterrato	<input type="radio"/> Pavimentazione	<input type="radio"/> Marciapiede
Modalità accoppiamento sismometro/terreno:			Appoggiato

<b>SEZ. 2</b>	<b>ISTALLAZIONE SISMOMETRO: Geologia</b>		
<input type="radio"/> Roccia	<input type="radio"/> Terreno	<input type="radio"/> Detrito	<input checked="" type="radio"/> Riporto
Altro commento:	-		

<b>SEZ. 3</b>	<b>ISTALLAZIONE SISMOMETRO: Posizionamento in</b>			
<input type="radio"/> Città: via principale	<input type="radio"/> Città: via secondaria	<input type="radio"/> Città: cortile	<input type="radio"/> Città: parco	
<input type="radio"/> Strada principale	<input checked="" type="radio"/> Strada secondaria	<input type="radio"/> Mura	<input type="radio"/> Mura antiche	
<input type="radio"/> Aperta campagna	<input type="radio"/> Galleria	<input type="radio"/> Cunicolo	<input type="radio"/> Marciapiede	

Altro commento:	
-----------------	--

<b>SEZ. 4</b>	<b>ISTALLAZIONE GEOFONO: Vicinanza</b>		
<input type="radio"/> Fiume	<input type="radio"/> Canale	<input type="radio"/> Fabbrica	<input type="radio"/> Cantiere
<input type="radio"/> Lavori stradali	<input type="radio"/> Alberi	<input type="radio"/> Ponti	<input type="radio"/> Viadotti
<input type="radio"/> Mura	<input type="radio"/> Galleria	<input type="radio"/> Fognature	<input type="radio"/> Altro
<input type="radio"/> Edifici nessuno	<input checked="" type="radio"/> Edifici scarsi	<input type="radio"/> Edifici densi	<input type="radio"/>
Distanza edificio:	20 m	Numero piani edificio:	2
Strutture sotterranee	nessuna		

<b>SEZ. 5</b>	<b>CONDIZIONI ATMOSFERICHE</b>		
<input type="radio"/> Vento forte	<input type="radio"/> Vento debole	<input checked="" type="checkbox"/> No vento	
<input type="radio"/> Pioggia forte	<input type="radio"/> Pioggia debole	<input checked="" type="checkbox"/> No pioggia	
Altro commento:	-		

<b>SEZ. 6</b>	<b>RUMORE RILEVABILE</b>		
<input type="radio"/> Auto: nessuna	<input checked="" type="checkbox"/> Auto: poche	<input type="radio"/> Auto: tante	
<input type="radio"/> Mezzi pesanti: nessuno	<input type="radio"/> Mezzi pesanti: pochi	<input type="radio"/> Mezzi pesanti: tanti	
<input type="radio"/> Pedoni: nessuno	<input type="radio"/> Pedoni: pochi	<input type="radio"/> Pedoni: tanti	
Altre sorgenti di rumore:	-		

<i>Stazione singola Geo1 – Dati di input</i>	
<i>Dati riepilogativi</i>	
Numero tracce	3
Durata registrazione	1200 s
Frequenza di campionamento	300,00 Hz
Numero campioni	360000
Direzioni tracce	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.
Numero totale finestre selezionate	60
Numero finestre incluse nel calcolo	22
Dimensione temporale finestre	20 s [media]
Tipo di lisciamiento	Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 30)
Percentuale lisciamiento	5,00



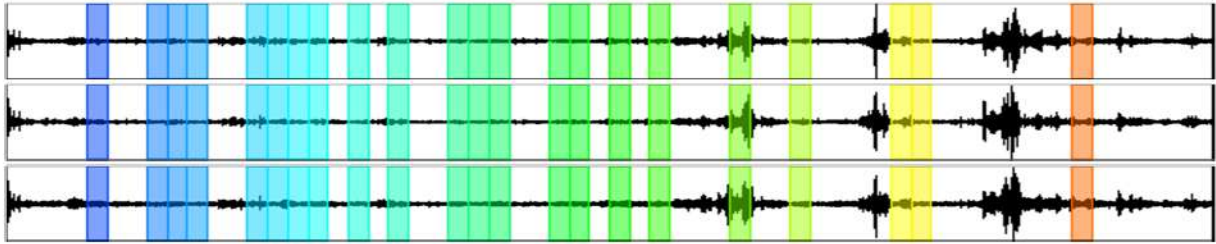


Figure 1: Traccia finestre selezionate in direzione N-S; E-W; Verticale

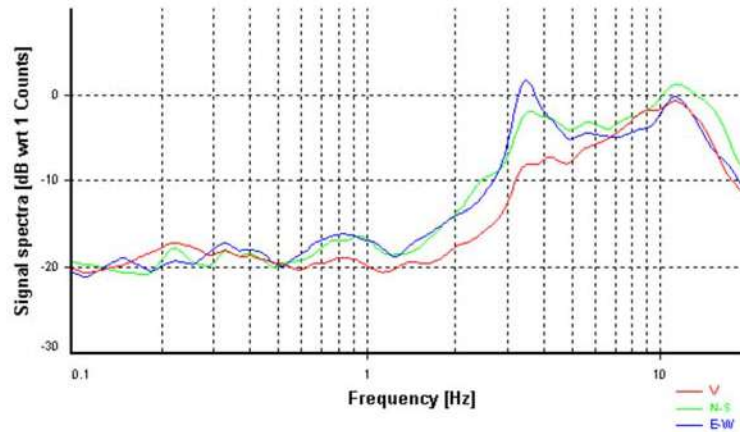


Figure 2: Spettri medi nelle tre direzioni

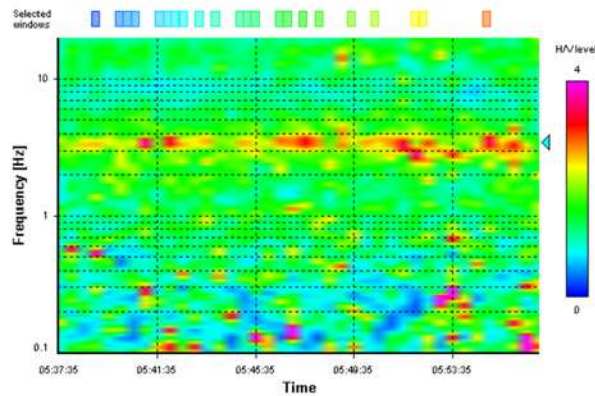


Figure 3: Mappa della stazionarietà degli spettri

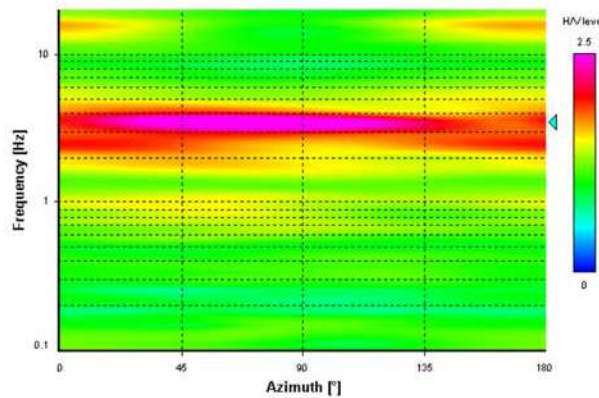


Figure 4: Mappa della direzionalità degli spettri

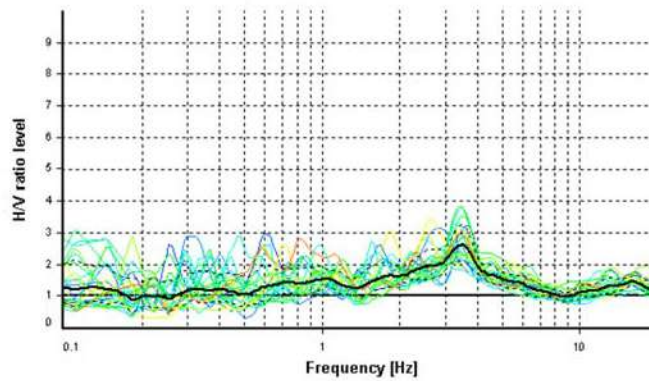
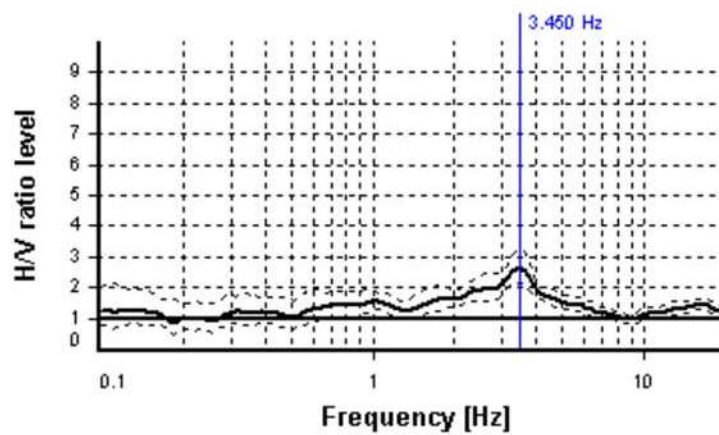


Figure 5: Grafici rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia.

VERIFICHE SESAME	
Selected $f_0$ frequency	3.450 Hz
$A_0$ amplitude =	2.625
Average $f_0$ =	$3.308 \pm 0.329$ Hz



HVSr curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	22 valid windows (length > 2.9 s) out of 22	OK
$n_c(f_0) > 200$	1518.19 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 53	OK
HVSr peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	1.43317 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$	6.36535 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.62 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.32899 >= 0.17252	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.23675 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK