



www.tuv.it

PROSEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE,  
LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO



## COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO

### RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA



Committente:

 <b>CHIARINI ASSOCIATI</b> INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE <small>Via Salaria Fermi, 8 - 00100 AREZZO - Tel. 0575 320289 - Fax 0575 320289          www.chiariniassociati.it</small>	<b>PROGETTISTI:</b> Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI	<b>COMMITTENTE:</b>  <b>NUOVE ACQUE S.p.A.</b> Loc. Poggio Cuculo, Patignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289
---	--	---

RAPPORTO TECNICO  
ARCHIVIO 2417/19  
Sinalunga, Marzo 2020  
Revisione Novembre 2021

Rapporto tecnico di:  
Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI  
Iscritto all'Ordine dei Geologi della Toscana al n.299  
alla European Association of Geoscientists and Engineers  
Geophysical Division al n.M1987-093  
In collaborazione con il:  
Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO

GEORISORSE ITALIA di G. Censini & C. s.a.s  
Via E. Fermi, 8 – 53048 SINALUNGA (SI)  
Tel. 0577.55.39.05 – 0577.67.99.73  
[www.georisorse.it](http://www.georisorse.it) – [info@georisorse.it](mailto:info@georisorse.it) - [georisorse.italia@pec.it](mailto:georisorse.italia@pec.it)

## INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. UBICAZIONE E DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA.....	9
3. DESCRIZIONE DI MASSIMA DEL PROGETTO .....	12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO .....	16
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....	25
6. INDAGINI ESEGUITE E RISULTATI CONSEGUITI.....	27
6.1 Rilievo geomeccanico .....	27
6.2 Perforazioni orizzontali sulla parete di monte della diga.....	31
6.3 Sondaggi geognostici.....	35
6.4 Laboratorio geotecnico .....	41
6.5 Prove Lugeon.....	43
7. SISMICITA'.....	44
7.1 Sismicità storica .....	44
7.2 Zonazione sismica nazionale .....	46
8. METODOLOGIE INDAGINI GEOFISICHE.....	54
8.1 - Sismica a rifrazione.....	54
8.1.1 – Acquisizione dati .....	54
8.1.2 – Elaborazione dati e restituzione dei risultati .....	55
8.1.3 – Elaborazione tomografica .....	56
8.2 DOWN HOLE .....	61
8.2.1 – Stampa sismogrammi dei canali per la determinazione delle velocità .....	66
8.2.2 – Tabella tempi d’arrivo corretti delle onde P ed SH.....	67
8.2.3 Dromocrone e velocità di strato.....	68
8.2.4 Diagramma velocità di strato onde P ed SH .....	69
9. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI GEOFISICI.....	70
n. 8 Tavole allegate in formato A3	

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

**INDICE DELLE FIGURE**

Figura 1 - Ubicazione delle indagini geognostiche (scala adattata alla pagina) .....	6
Figura 2 - Piano di posizione delle indagini (scala adattata alla pagina) .....	7
Figura 3 - Ubicazione della diga della Cerventosa (Bing Maps).....	9
Figura 4 - Carta Corografica (scala 1:10.000).....	10
Figura 5 - Mappa Catastale (scala 1:2.000) .....	11
Figura 6 - Sezione diga stato attuale (scala adattata alla pagina) .....	13
Figura 7 - Sezione diga stato di progetto (scala adattata alla pagina).....	15
Figura 8 - Carta Geologica-geomorfologica da DB Regione Toscana (scala 1:10.000) .....	17
Figura 9 - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) (scala 1:10.000).....	21
Figura 10 - Carta Geomorfológica da Piano Strutturale Comunale (scala 1:10.000) .....	22
Figura 11 - Carta Pericolosità Geologica da Piano Strutturale Comunale (scala 1:10.000).....	24
Figura 12 - Carta della Permeabilità da DB Regione Toscana (scala 1:10.000) .....	26
Figura 13 - Roccia in affioramento .....	27
Figura 14 - Perforazione orizzontale.....	31
Figura 15 - Sondaggio interno al cunicolo .....	35
Figura 16 - Sondaggio a valle della diga.....	39
Figura 17 - Formazione arenacea e calcarenitica .....	40
Figura 18 – Carta dell'Italia con le varie Zone Sismogenetiche .....	46
Figura 19 – Valori di Pericolosità sismica in Toscana .....	48
Figura 20 – Griglia dei valori di Pericolosità Sismica nell'area in studio.....	50
Figura 21 – Zonazione sismica della Regione Toscana .....	51
Figura 22 - Profilo PR-1 tiro sul geofono 12 onde P .....	56
Figura 23 - Profilo PR-2 tiro sul geofono 12 onde S.....	56
Figura 24 - Tomografia del profilo PR1 ad onde P .....	58
Figura 25 - Tomografia del profilo PR1 ad onde SH.....	58
Figura 26 - Tomografia del profilo PR2 ad onde P.....	59
Figura 27 - Tomografia del profilo PR2 ad onde SH.....	59
Figura 28 - Tomografia del profilo PR3 ad onde P .....	60
Figura 29 - Tomografia del profilo PR3 ad onde SH.....	60
Figura 30 - Schema di posizionamento sensori e sorgenti sismiche .....	62
Figura 31 - Fase di Acquisizione dei Dati .....	65
Figura 32 - Fase di Acquisizione dei Dati .....	65
Figura 33 - Assemblaggio dei sismogrammi delle onde P .....	66
Figura 34 - Assemblaggio dei sismogrammi delle onde SH .....	66
Figura 35 - Dromocrone delle onde P ed SH .....	68
Figura 36 - Diagrammi delle Velocità delle Onde P ed SH.....	69
Figura 37 - Sezione interpretativa trasversale alla diga .....	71

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 1. PREMESSA

Il presente studio, eseguito dalla Georisorse Italia s.a.s. con sede in Via Fermi, 8 – Sinalunga (SI), per conto di Nuove Acque S.p.A., ha come oggetto la definizione delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dell'area di imposta della Diga della Cerventosa; tale studio viene a supporto di un progetto, redatto dallo Studio di Ingegneria Chiarini Associati di Arezzo, finalizzato agli **"INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA"**.

Ciò premesso, al fine di inquadrare il contesto geologico dell'area su cui si andrà ad intervenire, è stata definita una campagna di indagini in sito in ottemperanza delle seguenti normative di riferimento:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008 e successivo aggiornamento D.M. 17.01.2018 (Testo Unico – Norme Tecniche per le costruzioni),**
- **Circolare C.S.LL.PP. del 02.02.2009 n.617 (Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008),**
- **Decreto 26.06.2014 (NTD 2014) "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)"**
- **Decreto Presidente Giunta Regionale n.36/R del 09.07.2009 (Regolamento di attuazione dell'art.117 commi 1 e 2 della L.R. 1/2005.....),**
- **Documento esplicativo ed applicativo degli artt. 6 e 7 del DPGR n.36/R del 09.07.2009 redatto dal Coordinamento Regionale prevenzione sismica.**
- **Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014 (Aggiornamento della classificazione sismica regionale),**

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

- **Legge Regionale 21 marzo 2000, n. 39 e successive modificazione (Legge forestale della Toscana),**
- **Regolamento 8 agosto 2003, n. 48/R (Regolamento forestale della Toscana).**

L'invaso in questione, secondo quanto indicato al punto C.7.7.2 - *Periodo di riferimento per l'azione sismica* - dell'Allegato al Decreto NTD 2014, viene classificato come "grandi dighe" in quanto di altezza superiore a 15 metri, inoltre è definito strategico poiché a prevalente utilizzazione idroelettrica o potabile; quest'ultimo aspetto è peraltro definito anche dall'applicazione del DPGR n.36/R del 2009 della Regione Toscana che, all'allegato A individua le "strutture primarie connesse con il funzionamento di acquedotti locali" tra le infrastrutture da ritenere strategiche.

Sulla scorta di tali indicazioni e tenendo altresì conto di quanto indicato ai punti C.3. - *Studio geologico* e C.5. - *Indagini e caratterizzazione geotecnica* dell'Allegato al Decreto NTD 2014, è stata predisposta una campagna di indagini articolata come segue:

- Rilevamento di superficie sull'area di stretto interesse e di un significativo intorno al fine di verificare la natura litologica, l'estensione dei terreni affioranti, e la presenza di elementi morfologici degni di interesse,
- Esecuzione di una campagna geognostica comprendente:
  - n.14 perforazioni orizzontali distribuite su due allineamenti sulla parete di monte della diga,
  - n.1 sondaggio a carotaggio continuo ubicato in prossimità del piede di valle della diga,
  - n.4 sondaggi a carotaggio eseguiti all'interno del cunicolo di ispezione della diga,

Data:	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.:	Rev.
Nov. 2021		gfc	01

- n.5 prove di permeabilità in foro tipo Lugeon,
- Prove di laboratorio su n.11 campioni di roccia ritenuti significativi (Point Load Test, Compressione Uniassiale, Compressione Triassiale),
- Rilievo geo-strutturale di discontinuità di ammassi rocciosi su affioramenti significativi,
- Esecuzione di una campagna geofisica comprendente:
  - n.1 prova Down-Hole (DH) in onde P ed SH eseguita all'interno del sondaggio S5 opportunamente strumentato, ubicato al piede di valle della diga,
  - n.3 profili sismica a rifrazione in onde P e SH.

L'ubicazione delle indagini viene riportata sulle seguenti Figg.1-2

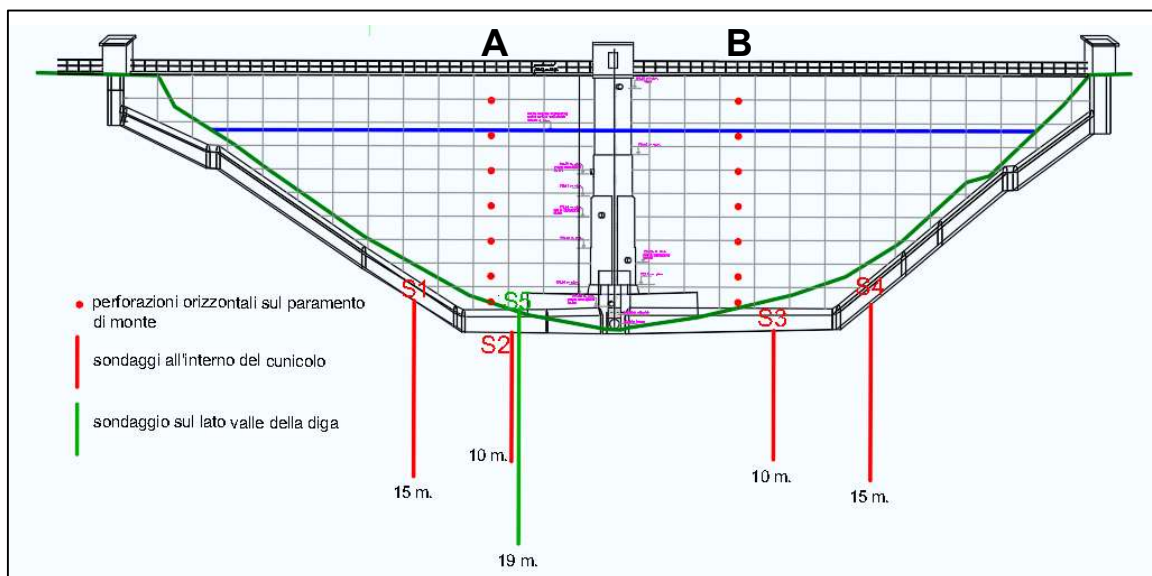
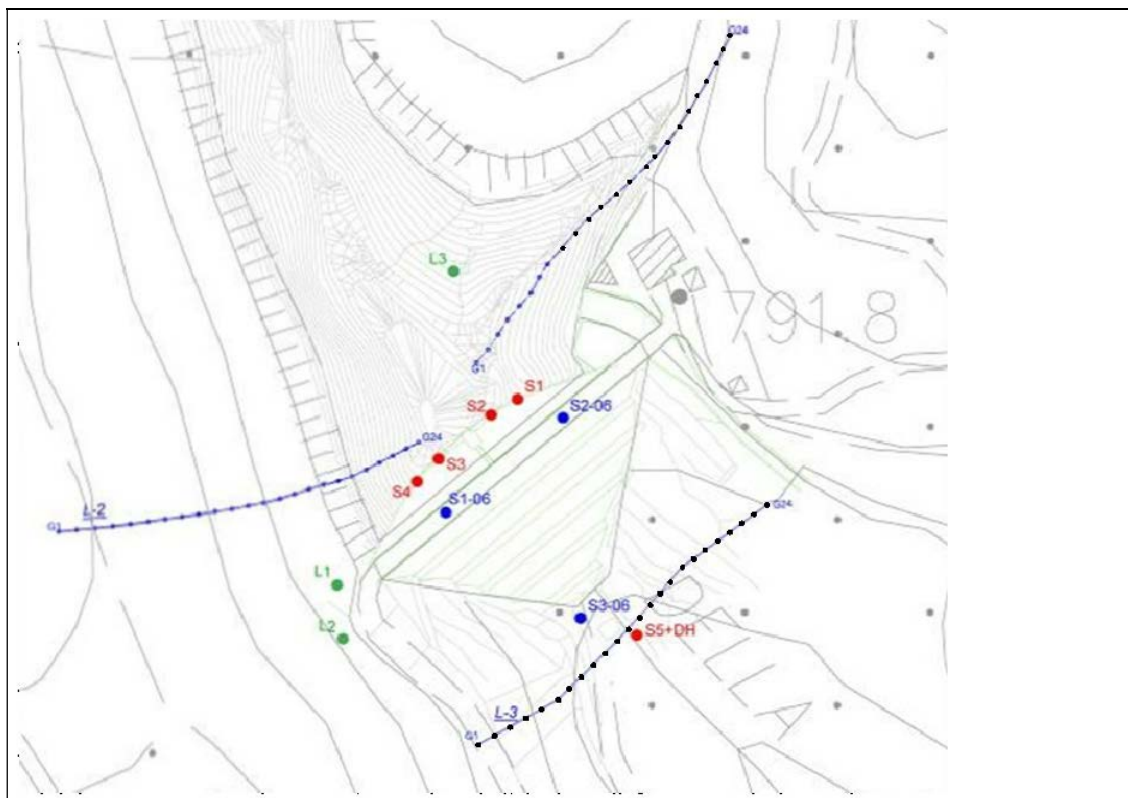


Figura 1 - Ubicazione delle indagini geognostiche (scala adattata alla pagina)

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione_trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------






*Figura 2 - Piano di posizione delle indagini (scala adattata alla pagina)*

- Ubicazione del sondaggi geognostici
- Ubicazione dei profili sismici mettere i geofoni anche al PR3
- Ubicazione delle stazioni di rilievo geomeccanico
- Ubicazione sondaggi geognostici eseguiti nel 2006

Le indagini approntate, in accordo con i Progettisti, hanno inteso accertare i seguenti aspetti principali:

Data:	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.:	Rev.
Nov. 2021		gfc	01

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 8 / 72</p>
<p>COMMITTENTE:</p>  <p><b>NUOVE ACQUE S.p.A.</b> Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>		

1. Spessore della muratura in pietrame sul paramento di monte della diga al fine di ricostruirne la geometria,
2. Spessore della fondazione del paramento di monte della diga,
3. Natura, stratigrafia e caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta della fondazione del paramento di monte, e dei terreni subito a valle del corpo diga,
4. Permeabilità dei terreni di imposta della diga,
5. Il parametro  $V_{seq}$ , la conseguente categoria di sottosuolo, la geometria sepolta degli strati caratterizzanti il sottosuolo, l'eventuale presenza e spessore di orizzonti litologici superficiali allentati e quindi suscettibili di instabilità.

In questa revisione n. 1, redatta nel mese di Novembre 2021 è stata aggiunta una sezione trasversale al corpo diga ubicata lungo l'asse del Fosso della Cerventosa.

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------



## 2. UBICAZIONE E DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA

La diga di Cerventosa è situata nel comune di Cortona (AR), in prossimità dell'omonimo passo. Essa sorge più precisamente lungo il corso del Fosso della Cerventosa, dando luogo ad un bacino artificiale di volume invasabile dell'ordine di circa 90'000 m<sup>3</sup> destinato ad usi idropotabili. A valle dell'invaso il Gaude confluisce nella Minima, a sua volta tributaria della Valle del Tevere.

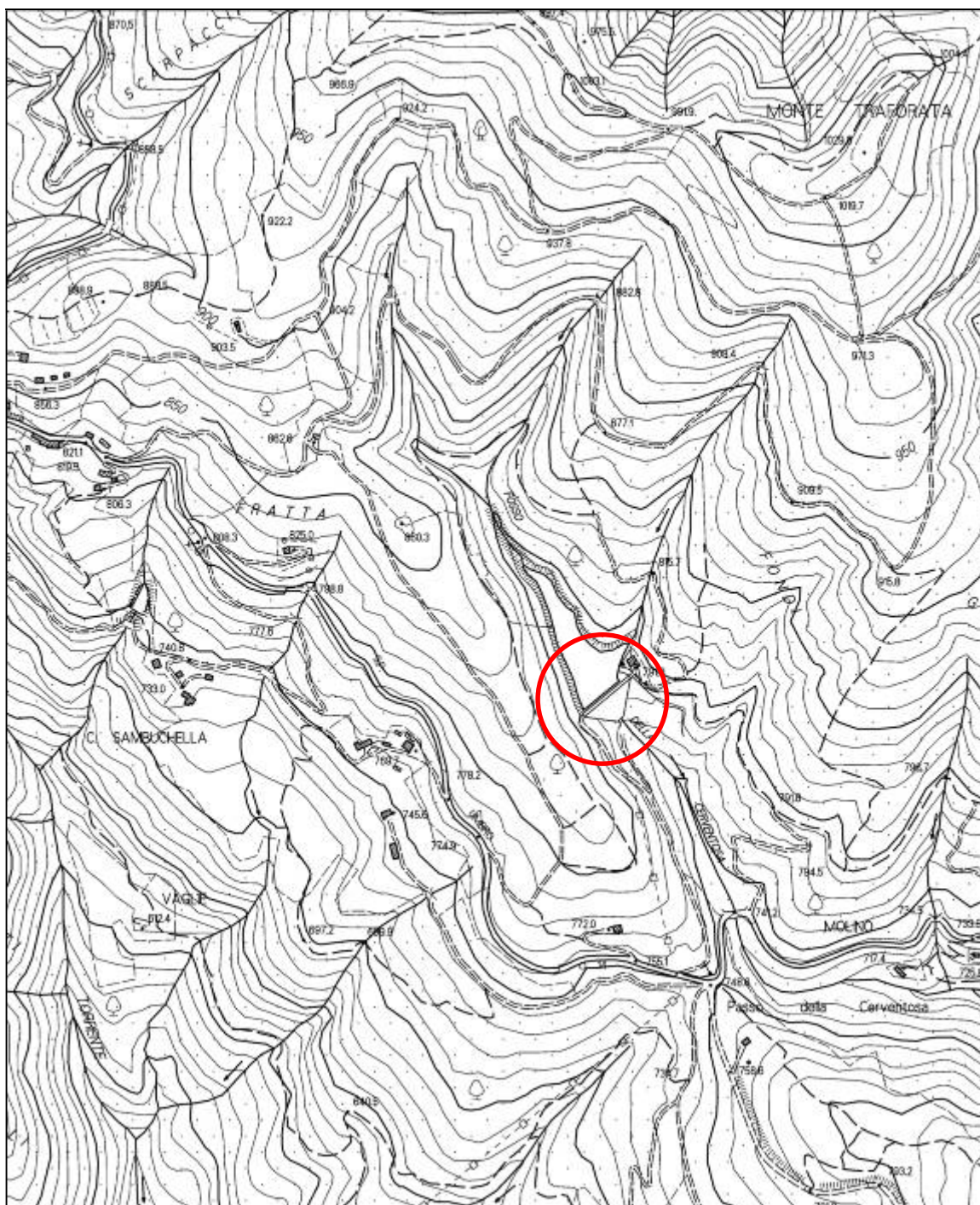


*Figura 3 - Ubicazione della diga della Cerventosa (Bing Maps)*

L'area oggetto di indagine, sotto l'aspetto cartografico, ricade nella Tavolettta IGM in scala 1:25.000 "Cortona" IV° N.O. riferita al Foglio n.122 della Cartografia ufficiale d'Italia ed in scala di maggiore dettaglio (1:10.000) si inserisce all'interno della Sezione n.299090 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana (Fig.3).

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA



*Figura 4 - Carta Corografica (scala 1:10.000)*

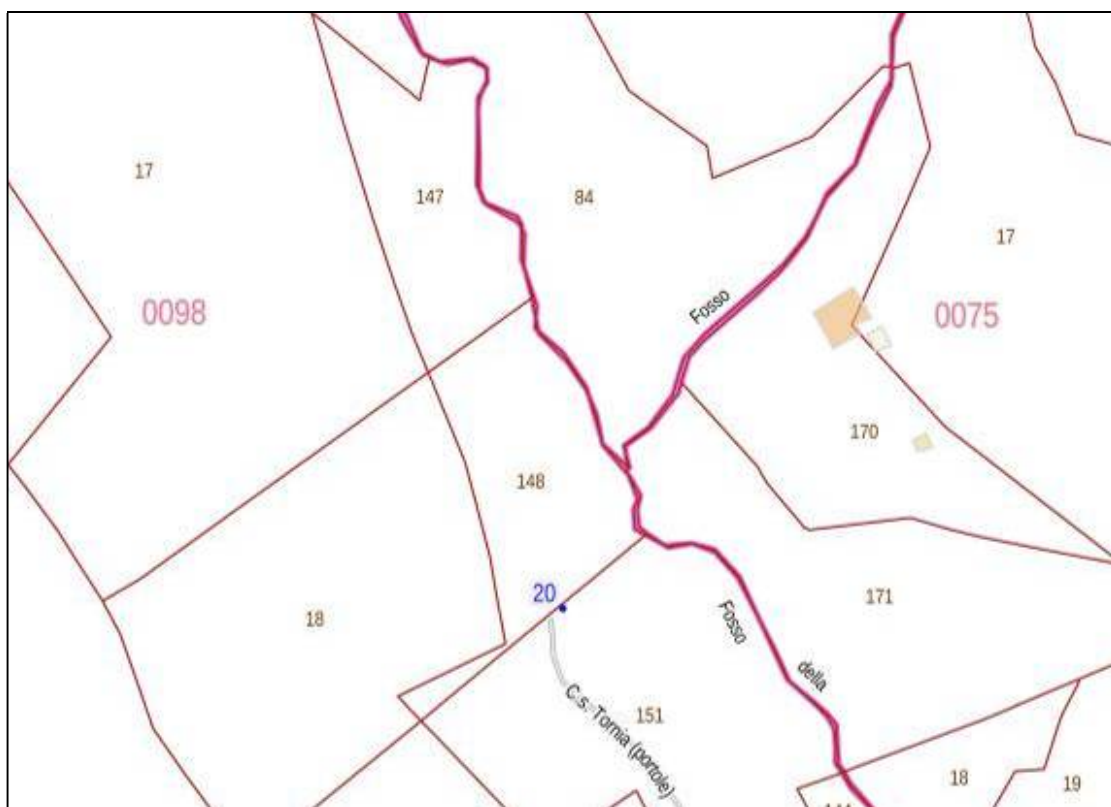
<b>Data:</b> Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	<b>App.:</b> gfc	<b>Rev.</b> 01
---------------------------	---	---------------------	-------------------

Questa, individuata dalle coordinate geografiche Lat: 43.295411 - Long: 12.054748 (sistema WGS84), si inserisce sulle alture collinari poste a NE dell'abitato di Cortona, in prossimità del Valico di Cerventosa ed è raggiungibile percorrendo la S.P. n.34 Umbro-Cortonese fino al km 13+770 punto in cui si innesta la strada vicinale che conduce alla diga.

Sotto l'aspetto catastale la diga si insedia sulle seguenti particelle catastali:

Particelle	Foglio
170-171	75
148-151	98

appartenenti al NCT del comune di Cortona (vedi anche Fig.4).



*Figura 5 - Mappa Catastale (scala 1:2.000)*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 3. DESCRIZIONE DI MASSIMA DEL PROGETTO

La costruzione della diga di Cerventosa, realizzata su progetto del Genio Civile di Arezzo, risale agli anni che vanno dal 1957 ai primi anni '60 dello scorso secolo.

Trattasi di una diga in *"materiali sciolti di pietrame con struttura di tenuta esterna"* il cui stato attuale, come evidenziato sulla Fig.5 riguardante la sezione maestra, è caratterizzato da un corpo in pietrame sciolto (*rockfill*) provvisto di un paramento di monte ad elevata pendenza (pari a 63° circa sull'orizzontale) rivestito di uno schermo esterno impermeabile, realizzato mediante moduli rettangolari in c.a. di dimensione 3 m. x 2.1 m, posati su un allettamento di calcestruzzo contenente inoltre il sistema di drenaggio delle acque di filtrazione.

Il coronamento orizzontale carrabile, posto a quota 791,10 m s.l.m., è di larghezza costante pari a circa 5.0 metri mentre il paramento di valle, avente scarpa 1:1, è costituito da una serie di gradoni intervallati da cinque berme orizzontali di larghezza pari a 2.1 – 2.2 metri, raccordate da pareti a 45° che coprono dislivelli dell'ordine di circa 6.0 metri.

Detta configurazione determina una pendenza media del paramento di valle corrisponde ad un angolo di 38° sull'orizzontale.

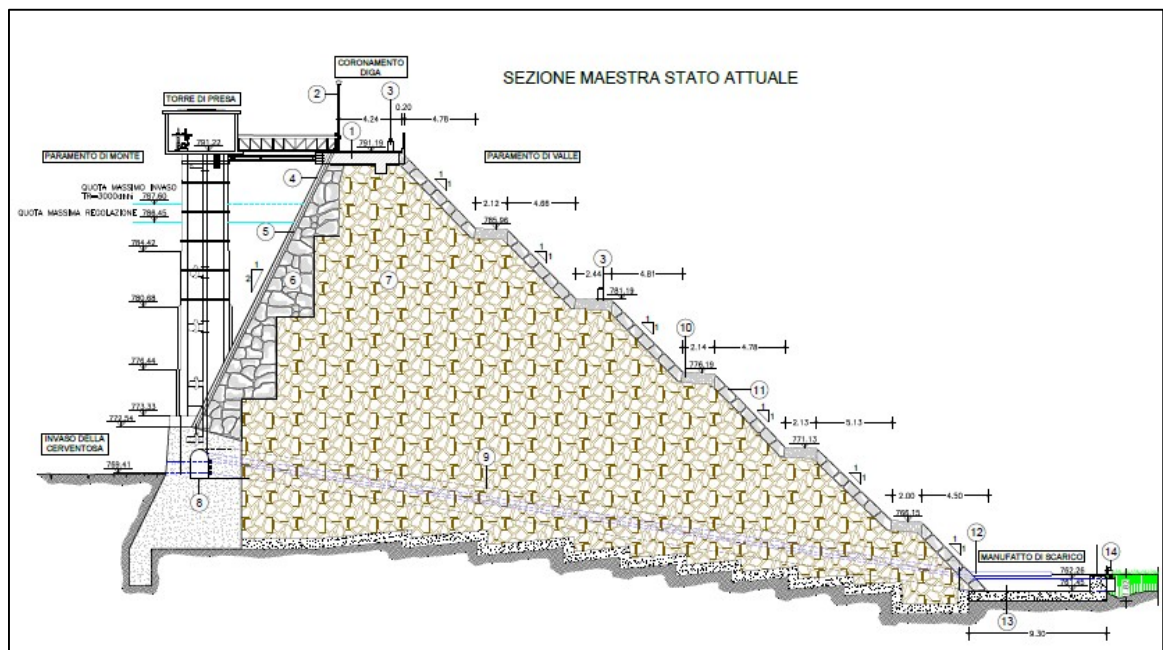
Tutto il paramento di valle è protetto da uno strato esterno di muratura in pietrame arenaceo o calcarenitico stilato con malta il quale non assolve alcun ruolo strutturale e non partecipa direttamente alla stabilità della diga ma limita l'esposizione del rockfill sottostante all'azione dilavante dell'acqua piovana, riducendo i fenomeni di alterazione o degradazione.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

In corrispondenza della sezione maestra l'altezza della diga è pari 29.5 metri, stante il coronamento a quota 791,10 m. s.l.m. ed il piede del paramento più depresso (quello di valle) a quota 761,60 m. s.l.m.

Al piede del paramento di monte è presente un basamento in calcestruzzo di altezza media pari a 7.50 metri e larghezza alla base di 6.60 metri. Al suo interno è contenuto il cunicolo di ispezione e raccolta delle acque provenienti dal sistema di drenaggio incluso nel paramento di monte.




In corrispondenza della mezzeria trasversale dello sbarramento, al piede del paramento di monte, è collocata la torre di presa dell'altezza complessiva pari a 24.4 metri.



*Figura 6 - Sezione diga stato attuale (scala adattata alla pagina)*

Negli anni, sul paramento di valle della diga si è sviluppato un sistema di fessurazioni con lesioni passanti attraverso lo spessore del pietrame stilato e si è sviluppato, in destra idraulica, un locale limitato rigonfiamento che ha coinvolto

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 14 / 72</p>
---	--	---

una porzione del rivestimento compresa fra la prima berma ed il coronamento della diga.

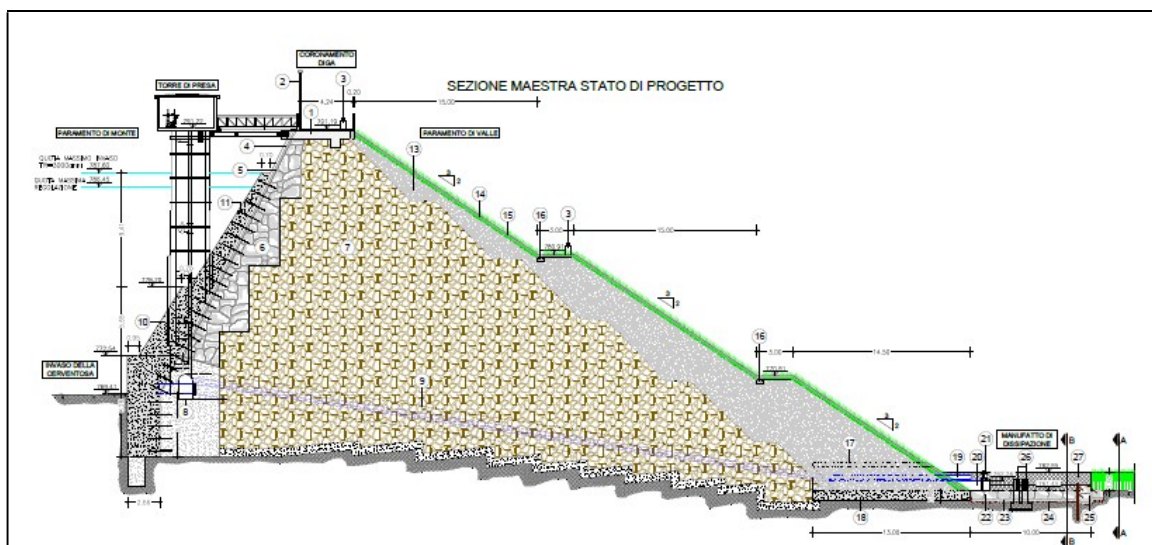
Tutti questi movimenti sono stati attribuiti a fenomeni di assestamento del pietrame costituente il corpo diga ed alla differenza di rigidezza fra quest'ultimo ed il rivestimento esterno.

Le condizioni di stabilità della diga sono state e risultano attualmente monitorate tramite misurazioni inclinometriche, assestimetri e rilievi topografici, al momento non risultano evidenze di movimenti in atto.

L'intervento in progetto (Fig.6) tendente ad aumentare i livelli di sicurezza richiesti dalle normative vigenti, prevede di intervenire con congrui riporti sul paramento di valle allo scopo di attenuarne le pendenze, riconducendole a valori più consoni e conformi a quelli delle dighe aventi tipologia affine a quella in esame (dighe in materiali sciolti).




E' inoltre previsto il rinforzo del paramento di monte attraverso la realizzazione di un nuovo schermo strutturale in cemento armato, di spessore decrescente con la quota e dotato di giunti verticali, la cui funzione essenziale è quella di garantire un'adeguata resistenza meccanica delle sezioni di imposta del paramento di monte, che attualmente presenta un insufficiente grado di sicurezza soprattutto nello scenario di invaso vuoto e presenza di sisma.

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------



*Figura 7 - Sezione diga stato di progetto (scala adattata alla pagina)*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 16 / 72</p>
<p>COMMITTENTE:</p>  <p><b>NUOVE ACQUE S.p.A.</b> Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>		

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'ubicazione della diga, posizionata in corrispondenza di un locale restringimento della valle del Fosso di Cerventosa, fu scelta sia per la favorevole morfologia e la stabilità complessiva, che per le caratteristiche geolitologiche delle rocce affioranti che furono considerate idonee per la presenza degli interstrati argillosi e marnosi che rendono la formazione a "bassissima permeabilità.

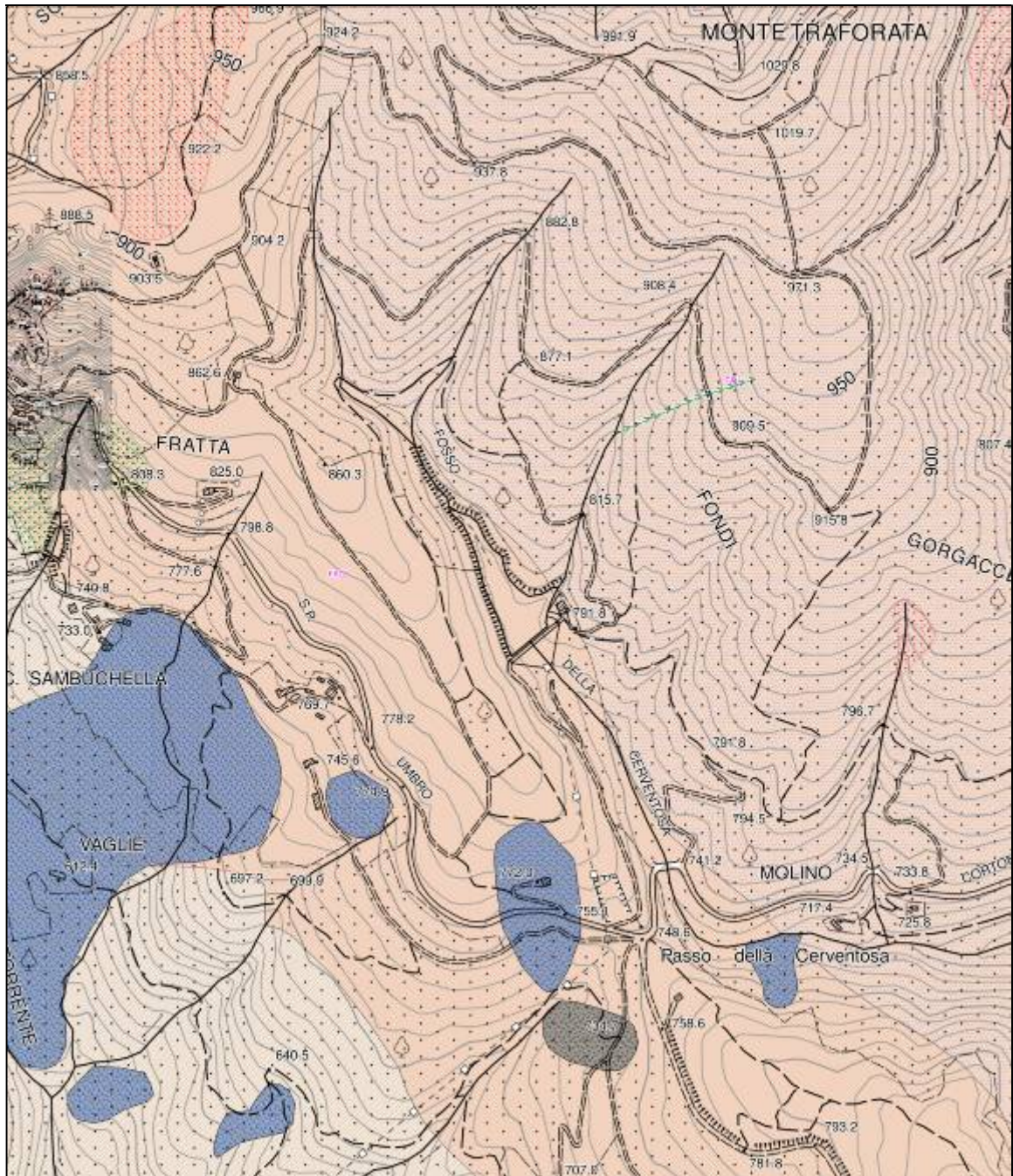
L'area è infatti caratterizzata, in affioramento, da alternanze di banchi arenacei e calcanitici il cui spessore varia da pochi decimetri ad oltre il metro, a cui si alternano strati marnosi e argillosi il cui spessore raramente supera i 30 cm.

Detti tipi litologici (Fig.7), di età Oligo-Miocenica, affiorano secondo una prevalente direzione appenninica NO-SE ed appartengono alla formazione delle Arenarie del Monte Falterona - (FAL)" facenti parte dell'Unità di Monte Cervarola nel DOMINIO TOSCANO.

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------



**RELAZIONE GEOLOGICA CON  
 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA  
 DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI  
 CERVENTOSA**



*Figura 8 - Carta Geologica-geomorfologica da DB Regione Toscana (scala 1:10.000)*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## LEGENDA

### FL -Forme Lineari

 Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gully erosion)

 Orlo di scarpata antropica - altezza indeterminata


### FR - Frane

 Quiescente - Scorrimento (velocita' indeterminata)

 Indeterminato - Movimento indeterminato

### DS - Depositi Superficiali

 Deposito di versante

 Deposito eluvio-colluviale

### Limite geologico

— contatto stratigrafico e/o litologico - certo

----- contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio

----- contatto stratigrafico e/o litologico - sepolto

— contatto tettonico - certo


----- contatto tettonico - incerto

### Etichette di Unità geologica areale



### Unità geologica areale

 FAL1 - Arenarie del Falterona: Membro di Montefalco AQUITANIANO - BURDIGALIANO

 FAL2 - Arenarie del Falterona: Membro di Camaldoli AQUITANIANO - BURDIGALIANO

 FAL3 - Arenarie del Falterona: Membro di Montalto AQUITANIANO - BURDIGALIANO

La suddetta Formazione viene articolata in vari membri sulla base dello spessore medio degli strati e del rapporto arenite/pelite e sulle alture Cortonesi ed in particolare nell'intorno dell'area in esame, è rappresentata dalle unità geologiche appartenenti al membro di Montefalco (FAL1) e di Camaldoli (FAL2) costituite essenzialmente da alternanze di torbiditi silico-clastiche che giacciono in discordanza sui sottostanti depositi marnoso argillosi degli Scisti Varicolori.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

In particolare il membro di Montefalco, che lambisce ad Est (sinistra idraulica) la diga, è costituito da arenarie grigie con stratificazione da media a molto spessa e banchi frequentemente amalgamati; lo spessore dei singoli strati, anche superiore a qualche metro, tende a diminuire verso l'alto. La frazione pelitica al tetto degli strati arenacei è rappresentata da sottili livelli di argilliti e marne siltose. Verso la porzione superiore del membro sono presenti livelli calcarenitici.

Il membro di Camaldoli, invece, caratterizza per intero l'area di imposta della diga ed è costituito da arenarie grigio chiare in strati dello spessore variabile fino a circa 2.0 metri e frazione pelitica subordinata. Le arenarie si presentano in pacchi di strati alternati a livelli di siltiti e argilliti grigio scure con marne. Nella parte alta del membro vi è una certa frequenza di calcareniti in strati da medi a spessi con al tetto argilliti marnose grigio chiare.

Strutturalmente le suddette formazioni si dispongono secondo una piega monoclinica, rovesciata sul fianco orientale, allineata secondo una prevalente direzione NO-SE concordemente alla direzione valliva e degli strati che, verificata strumentalmente su affioramenti ben esposti nell'intorno della diga, indica un'immersione degli stessi tra 220-230° ed inclinazione compresa tra 40-45°.

Questo assetto ha determinato, in corrispondenza dell'incisione valliva in questione, una situazione strutturale in cui sul versante esposto ad Ovest (destra idraulica) affiorano le testate degli strati che, pertanto, risultano disposti a "reggipoggio" mentre sul versante opposto, in sinistra idraulica, gli stessi strati presentano un andamento a franapoggio.

Ciò ha determinato un'asimmetria della valle legata principalmente al fatto che la stratificazione a reggipoggio offre una maggiore stabilità al versante che risulta maggiormente acclive (pendenze dell'ordine del 60-70%) mentre al

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

**RELAZIONE GEOLOGICA CON  
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA  
DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI  
CERVENTOSA**

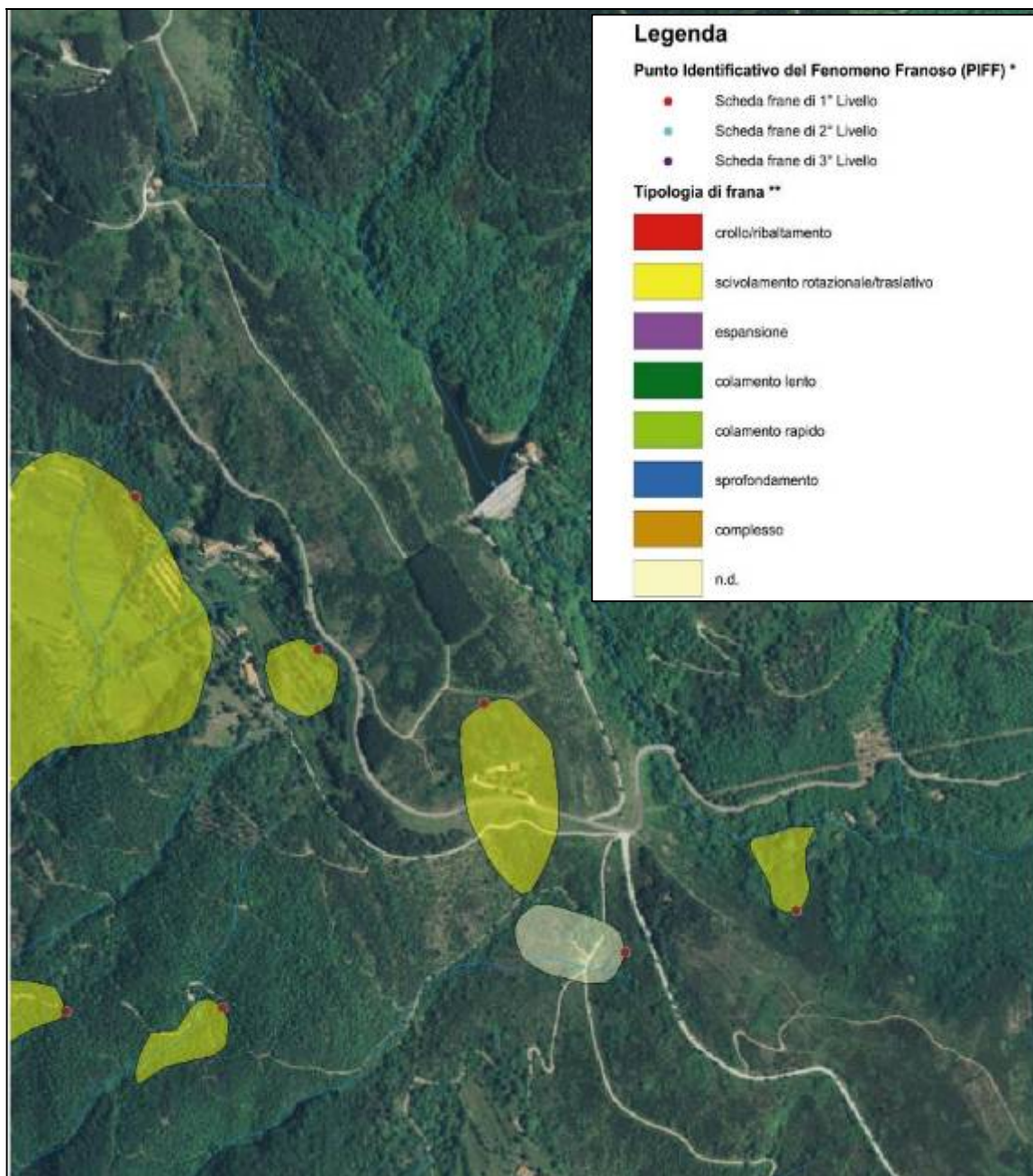
contrario la disposizione a franapoggio modella un versante coerente con l'andamento degli strati e quindi meno acclive (pendenza dell'ordine del 30-40%).

Sotto l'aspetto geomorfologico il rilievo superficiale dei luoghi, allo stato attuale, ha evidenziato condizioni di sostanziale stabilità generale dell'area e la mancanza di elementi morfogenetici da attribuire a fenomeni di instabilità gravitativa in atto o quiescente, aspetto che, peraltro, viene avvalorato dalle varie cartografie geomorfologiche ufficiali riferite ai vari "piani territoriali" sia a livello regionale (DB Regione Toscana - IFFI) che locale (Piano Strutturale Comunale) i quali, sull'area di diretto interesse e su un esteso intorno, non evidenziano forme morfologiche degne di interesse (vedi Figg.7-8-9).

Ciò nonostante, sul versante esposto ad Est l'andamento a franapoggio degli strati, l'intensa fratturazione, la presenza di interstrati argillo-marnosi talora plasticizzati e l'azione di degrado superficiale indotta dall'azione degli agenti esogeni, hanno prodotto zone con spesse coperture detritiche che possono essere mobilizzate lungo superfici preferenziali di scivolamento, in genere relativamente corticali, specialmente qualora vengano messi in atto interventi antropici che vadano a modificare sostanzialmente gli equilibri raggiunti.

A tali modificazioni può essere attribuito il movimento franoso che, in passato, ha coinvolto una porzione di versante posto a monte del canale sfioratore, monitorato costantemente da tempo e comunque oggi totalmente stabilizzato, il quale, verosimilmente, può essere stato attivato dagli interventi di sbancamento e riporto messi in atto per la creazione del piazzale dove insiste il fabbricato della Casa di Guardia e per la realizzazione del canale sfioratore.

Data:	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.:	Rev.
Nov. 2021		gfc	01



*Figura 9 - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) (scala 1:10.000)*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

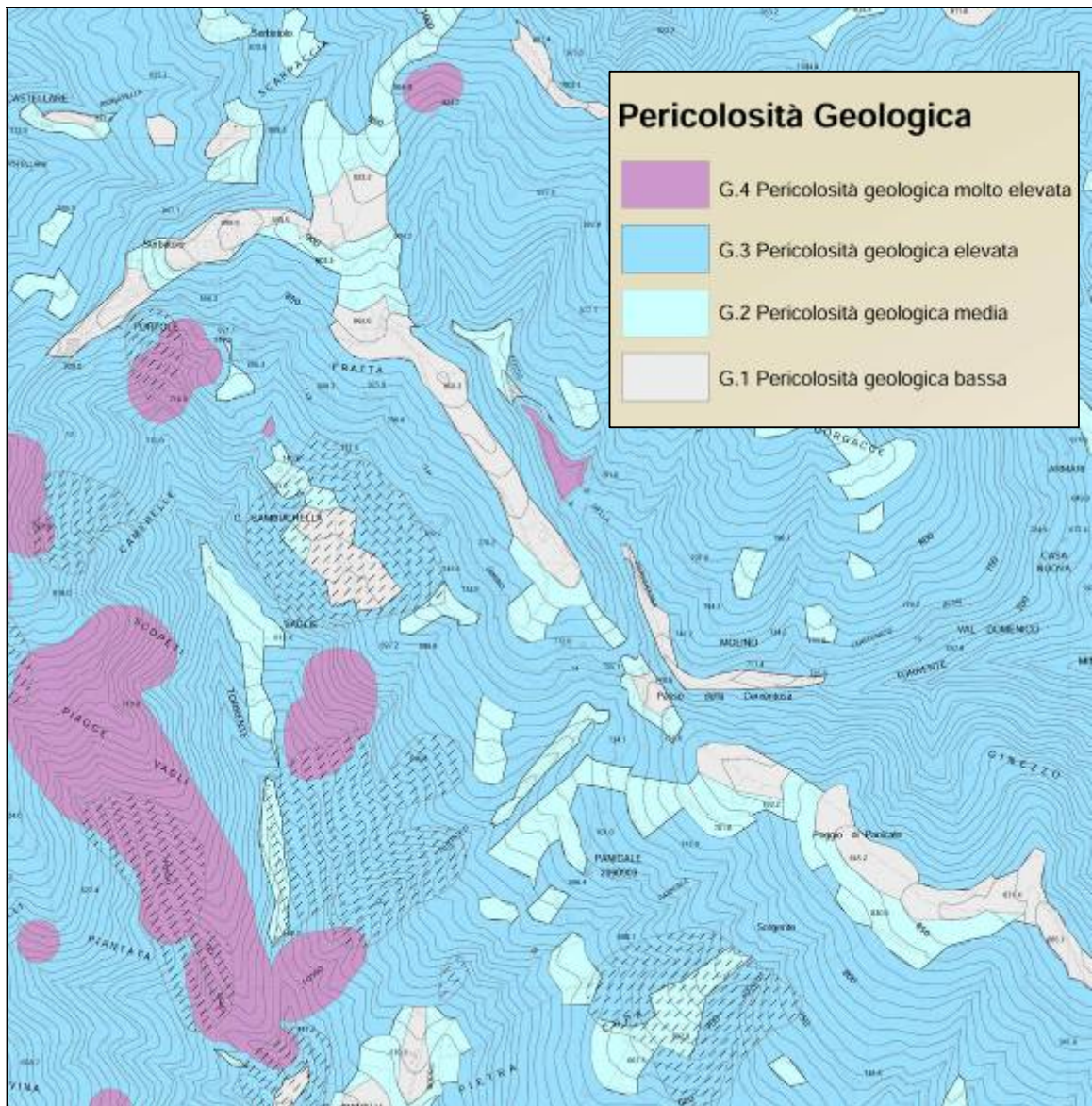


## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

<b>Legenda</b>	
<b>Forme di origine strutturale</b>	
	misura di strato verticale
	misura di strato sub-vertivcale
	scarpata
	frattura
	detrito
<b>Forme di origine antropica</b>	
	scarpata
	argine
	tracciato in trincea
	cava attiva
	cava inattiva
	diga
	terrazzamento
	rilevato strutturale
<b>Forme di origine gravitativa</b>	
	frana non cartografabile
	erosione superficiale diffusa
	soliflusso
	nicchia di distacco attiva
	nicchia di distacco inattiva
	cono di detrito inattivo
	accumulo di frana attiva
	accumulo di frana inattiva
	accumulo di frana di crollo
	area a franosità diffusa
	area soggetta ad erosione superficiale diffusa
	area soggetta a soliflusso
<b>Forme di origine fluviale</b>	
	erosione superficiale concentrata
	terrazzo fluviale
	corpo d'acqua

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------




Il Piano Strutturale Comunale (PSC), in considerazione delle condizioni geologiche e geomorfologiche di insieme, indica per l'ambito territoriale entro cui si inserisce la diga e per la diga stessa, una **Pericolosità Geologica elevata - G3** mentre all'invaso, attribuisce una **Pericolosità Geologica molto elevata - G4**.



*Figura 11 - Carta Pericolosità Geologica da Piano Strutturale Comunale (scala 1:10.000)*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 25 / 72</p>
<p>COMMITTENTE:  <b>NUOVE ACQUE S.p.A.</b> Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>		

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Le formazioni affioranti, nella facies e condizioni caratteristiche della sezione d'imposta della diga, vengono considerate complessivamente a bassa permeabilità, soprattutto in direzione verticale (Fig.11).

Tale valutazione tiene conto sia della presenza degli interstrati marnosi ed argilloso-scistosi già citati, sia dell'assetto strutturale d'insieme precedentemente richiamato. I banchi arenacei e calcarenitici sono caratterizzati da una maggiore permeabilità legata alla fratturazione che, specialmente nei primi metri di spessore, può risultare anche molto intensa, pertanto la circolazione idrica all'interno dell'ammasso è regolata principalmente da queste litologie.

Il monitoraggio piezometrico, che si protrae costantemente da molti anni, in sintesi sembra avere accertato i seguenti aspetti:

- Il livello di invaso sembra non influenzare la circolazione idrica all'interno dell'ammasso e quindi i livelli piezometrici sono da ritenere indipendenti da questo,
- In sponda destra la prevalente disposizione a reggipoggio degli strati tende ad escludere un diretto apporto idrico con il sistema idrogeologico interferente con la struttura,
- in sponda sinistra l'anisotropia strutturale dell'ammasso roccioso favorisce condizioni idrogeologiche molto variabili lungo il pendio ed i livelli piezometrici in genere sono risultati correlabili con tempi di risposta relativamente brevi rispetto agli apporti pluviometrici.

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

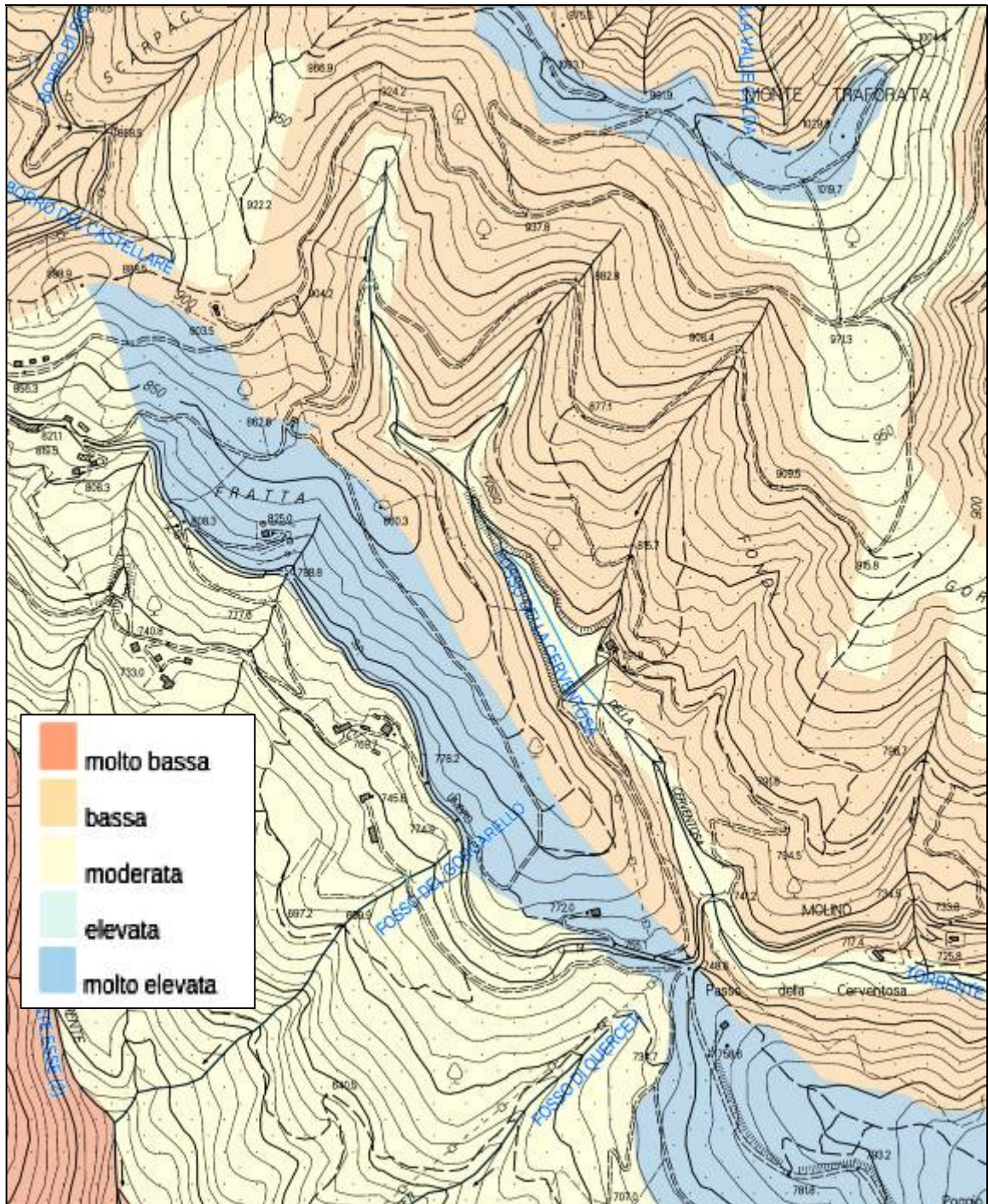


Figura 12 - Carta della Permeabilità da DB Regione Toscana (scala 1:10.000)

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 6. INDAGINI ESEGUITE E RISULTATI CONSEGUITI

### 6.1 Rilievo geomeccanico

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano, in modo più o meno evidente, il comportamento meccanico dell'ammasso stesso e del modello geotecnico alla base di qualsiasi calcolo; è quindi importante, al fine di approntare correttamente le valutazioni geotecniche richieste dal progetto, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi.



*Figura 13 - Roccia in affioramento*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

L'approccio all'argomento è stato affrontato è stato affrontato uno specifico rilevamento geomeccanico su tre affioramenti di roccia ben esposti individuati nell'immediato intorno del corpo diga; il rilevamento è stato condotto secondo la metodologia proposta dall'ISRM (1978) che permette di determinare il modello geotecnico dell'ammasso attraverso la definizione delle giaciture di strato, delle condizioni geostrutturali (spaziatura, apertura, persistenza), di quelle idrauliche e di resistenza delle discontinuità (scabrezza, resistenza delle pareti, grado di alterazione, materiali di riempimento).

Caratteristiche comuni dei piani di discontinuità permettono di individuarne "famiglie" che indicano linee preferenziali di indebolimento dell'ammasso con decadimento della resistenza alla trazione e valori di resistenza al taglio inferiori a quelli della roccia intatta. Le caratteristiche di resistenza al taglio alla scala dell'ammasso roccioso, quindi, dipendono in gran parte dalle resistenze disponibili lungo i piani di discontinuità e dall'orientazione di queste nello spazio, ed ogni analisi di tipo geotecnico riguardante ammassi rocciosi non può prescindere pertanto dal rilevamento delle superfici di discontinuità e da un'accurata descrizione delle loro caratteristiche.

Una volta rilevati i parametri sopra indicati si è fatto ricorso al metodo di classificazione di Bieniawski (1989) in cui le rocce vengono caratterizzate mediante un indice noto come Rock Mass Rating (RMR) variabile da 1 a 100. Il valore dell'indice, da associare a ciascuna roccia, deriva dall'analisi di 5 caratteristiche fondamentali, ciascuna delle quali va quantificata tramite un coefficiente.

La somma dei valori dei vari coefficienti fornisce il valore di RMR.

Le caratteristiche di cui tiene conto la classificazione sono:

- resistenza alla compressione della matrice rocciosa;
- qualità e recupero della carota (RQD);

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

- spaziatura delle discontinuità;
- caratteristiche delle discontinuità;
- condizioni idrogeologiche.

L'elaborazione dei dati porta a definire una classificazione qualitativa basata sul valore RMR

Classe	I	II	III	IV	V
Qualità	Molto buona	Buona	Discreta	Scadente	Pessima
Punteggio RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

e permette inoltre di fornire una caratterizzazione quantitativa in termini di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso, permettendo di stimare i parametri di coesione (kPa), angolo di attrito ( $^{\circ}$ ) e modulo di elasticità (GPa) mediante le seguenti relazioni:

$$c = 5 RMR_b$$

$$\varphi = 5 + \frac{RMR_b}{2}$$

$$E_d = 2 RMR_b - 100 \text{ per } RMR > 50$$

$$E_d = 10^{(RMR_b - 10)/40} \text{ per } RMR < 50$$

I risultati conseguiti hanno permesso di individuare la presenza di quattro sistemi di discontinuità principali:

Famiglia	Direzione	Inclinazione	Compressione uniassiale Su (Mpa)	RQD (%) media dell'area in esame	Spaziatura (m) (Terzaghi, 1965)	Persistenza (m)	Apertura (mm)	Scabrezza	Riempimento	Alterazione	Condizioni idrauliche
I	10-20	72	58	73.9	0.827	1 - 3	0.1 - 1.0	Scabre	nessuno	Inalterate	Secco
II	60-70	76	57	73.9	0.665	1 - 3	0.1 - 1.0	Leggermente scabre	nessuno	Inalterate	Secco
III	80-90	66	58	73.9	0.235	3 - 10	0.1 - 1.0	Leggermente scabre	nessuno	Inalterate	Secco
IV	120-130	50	44	73.9	0.318	> 10	0.1 - 1.0	Scabre	nessuno	Inalterate	Secco

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

Va però specificato che di questi il predominante è il sistema N120-130 con inclinazione media di 50° Ovest che corrisponde alla superficie di stratificazione dell'arenaria affiorante.

I sistemi N10-20, N60-70 e N 80-90 possono essere considerati secondari, comunque al fine di una classificazione geomeccanica dell'intero ammasso roccioso sono stati tenuti in considerazione data la loro presenza lungo gli stendimenti lineari eseguiti.

L'associazione di specifici coefficienti alle singole caratteristiche ha portato a definire il parametro RMR e la conseguente buona qualità dell'ammasso:

Famiglia	RMR	Qualità ammasso roccioso
I	75	Buona
II	73	Buona
III	66	Buona
IV	64	Buona

L'applicazione delle sopra indicate formule ha inoltre permesso di definire i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso:

**CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO**

Famiglia	RMR	Qualità ammasso roccioso	$\sigma_c$ (kPa)	$\phi$ (°)	Modulo di elasticità(GPa)
I	75	Buona	375	42.5	50
II	73	Buona	365	41.5	46
III	66	Buona	330	38	32
IV	64	Buona	320	37	28

Le modalità di esecuzione ed elaborazione dei dati raccolti in campagna sono riportate a fine relazione in Allegato 1.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 6.2 Perforazioni orizzontali sulla parete di monte della diga






*Figura 14 - Perforazione orizzontale*

Sono state eseguite un numero totale di 14 perforazioni ad andamento orizzontale disposte su due allineamenti denominati A e B situati rispettivamente a sinistra e destra della torre di presa centrale (Fig 1)

Le perforazioni, equidistanti tra loro di 3.0 metri, sono state eseguite con una perforatrice elettrica della Ditta *CARDI mod. T9350 - electronic* adeguatamente ancorata alla parete, utilizzando un carotiere semplice del diametro di 101 mm. e lunghezza di 0.5 metri dotato di corona diamantata ed aste di prolunga della lunghezza di 0.5 metri cadauna.

La perforazione è stata condotta con circolazione di acqua al fine di raffreddare lo strumento tagliente ed è stata affondata nel paramento fino a

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 32 / 72</p>
---	--	---

superare completamente lo schermo impermeabile e la sottostante muratura di pietrame fino ad intercettare il corpo diga in pietrame sciolto (Rockfill).

Le carote estratte sono state alloggiate in cassette catalogatrici (lasciate in deposito presso il cantiere), lavate dalla patina superficiale e fotografate.

In tutti i sondaggi il recupero delle carote è stato pari a circa il 100% nell'attraversamento del cls e della muratura di pietrame mentre è stata significativamente minore nel materiale sciolto.

La ricostruzione stratigrafica è stata effettuata sulla base delle carote estratte ed ulteriormente verificata attraverso video-ispezioni che hanno offerto la possibilità di visionare direttamente i materiali attraversati e valutare la presenza di discontinuità da ritenere significative.

I risultati conseguiti vengono schematicamente riportati nella tabella seguente:

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------



## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

Perforazione n.	Distanza dal coronamento diga misurata lungo il paramento di monte(m)	Spessore schermo impermeabile in cls (m)	Spessore muratura di pietrame (m)	Profondità di intercettamento del pietrame sciolto (Rockfill) (m)	Profondità massima raggiunta (m)	Note
A1	3.0	0.20	2.10	2.30	3.00	Discontinuità alla profondità di 0.9 metri; Nel Rockfill si è evidenziata la presenza di boiaccia dovuta alle iniezioni di consolidamento effettuate nel 2008
A2	6.0	0.20	1.50	1.70	2.30	Foro franato alla profondità di 1.70 metri
A3	9.0	0.20	2.70	2.90	3.40	Discontinuità alle profondità di 1.97 e 2.23 metri;
A4	12.0	0.20	2.10	2.30	2.50	Discontinuità alla profondità di 0.75 metri; Foro franato alla profondità di 2.30metri
A5	15.0	0.20	2.90	3.10	3.40	Discontinuità alla profondità di 0.90, 2.52, 2.68 metri
A6	18.0	0.20	2.70	2.90	3.60	Discontinuità alla profondità di 2.74 metri;
A7	20.2	0.20	2.70	2.90	3.70	Discontinuità alla profondità di 2.10 metri;

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

**RELAZIONE GEOLOGICA CON  
 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA  
 DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI  
 CERVENTOSA**

Perforazione n.	Distanza dal coronamento diga misurata lungo il paramento di monte(m)	Spessore schermo impermeabile in cls (m)	Spessore muratura di pietrame (m)	Profondità di intercettamento del pietrame sciolto (Rockfill) (m)	Profondità massima raggiunta (m)	Note
B1	3.0	0.20	2.00	2.20	3.30	Discontinuità alla profondità di 0.6, 1.70, 2.10 metri;
B2	6.0	0.20	1.90	2.10	2.70	Discontinuità alle profondità di 1.87 metri; vuoto tra 2.20 e 2.50 metri; Carota non estratta tra 2.55 e 2.67 metri
B3	9.0	0.20	2.90	3.10	3.20	Discontinuità alle profondità di 2.57 e 2.61; Carota non estratta tra 3.10 e 3.20 metri
B4	12.0	0.20	1.80	2.00	2.50	Discontinuità alla profondità di 0.81 e 1.95 metri;
B5	15.0	0.20	2.40	2.60	3.75	Discontinuità alla profondità di 0.94, 1.20, 2.16 metri Carota non estratta tra 3.24 e 3.74 metri
B6	18.0	0.20	2.90	3.10	3.50	Discontinuità alle profondità di 1.17, 2.42 metri;
B7	19.8	0.20	2.50	2.70	3.50	Discontinuità alla profondità di 0.74, 1.14, 1.85, 2.65 metri;

Ad eccezione dei sondaggi A4, A5, A7, B4, B5, B7, il passaggio tra lo schermo impermeabile e la muratura di pietrame è segnato da una malta cementizia con pezzame di laterizio di spessore variabile di 0.30, 0.50 metri.

Le stratigrafie e le documentazioni fotografiche riferite alle singole perforazioni sono riportate a fine relazione in Allegato 2.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 6.3 Sondaggi geognostici

La campagna di indagini ha previsto l'esecuzione di n.5 sondaggi geognostici a carotaggio eseguiti dalla Ditta Tecnostrade Srl con sede in Perugia.

In particolare sono stati eseguiti n.4 sondaggi (S1 - S2 - S3 - S4) all'interno del cunicolo di ispezione della diga, posto alla base del paramento di monte della stessa e n.1 sondaggio (S5) posizionato al piede del paramento di valle alla base del versante in sponda sinistra.

Le stratigrafie dei sondaggi e la documentazione fotografica del sondaggio S5 sono riportate in Allegato 2.

#### 6.3.1. Sondaggi posizionati all'interno del cunicolo:



*Figura 15 - Sondaggio interno al cunicolo*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

Per quanto riguarda l'esecuzione di questi sondaggi, in considerazione delle difficoltà di accesso all'area e della ristrettezza degli spazi di lavorazione, non è stato possibile l'utilizzo di sonde di tipo tradizionale, anche se di dimensioni contenute, si è fatto quindi ricorso ad una perforatrice elettrica prodotta dalla Ditta *WEKA Mod. SR65* attrezzata in modo tale da consentire l'esecuzione di carotaggi profondi tra 10.0 e 15.0 metri.

La perforatrice, una volta posizionata ed ancorata al suolo, è stata dotata di carotiere semplice del diametro di 101 mm. e lunghezza di 0.50 metri con corona diamantata e prolunghe in tubi filettati in acciaio del diametro 101 della lunghezza di 0.5 metri cadauno che consentissero battute in continuo abbastanza lunghe.




I sondaggi sono stati posizionati secondo lo schema riportato in Fig. 1 e cioè:

	Posizione	Quota m. slm	Profondità m.
S1	Scala di accesso al cunicolo in sponda sinistra	772.0	15.0
S2	Cunicolo in sponda sinistra	769.0	10.0
S3	Cunicolo in sponda destra	769.0	10.0
S4	Scala di accesso al cunicolo in sponda destra	771.3	15.0

Le perforazioni sono state condotte con circolazione di acqua al fine di raffreddare lo strumento tagliente e per favorire l'allontanamento del terreno frantumato.

L'attrezzatura utilizzata, sebbene il sondaggio sia stato eseguito con la maggiore accuratezza possibile, non ha consentito un recupero in continuo del materiale attraversato in quanto si è registrato la quasi completa distruzione dei terreni meno consistenti e friabili ed in particolare degli interstrati argillo-marnosi maggiormente fratturati ed a maggiore scistosità; si è avuto invece il recupero totale del calcestruzzo che costituisce la fondazione del paramento di monte,

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 37 / 72</p>
---	--	---

degli strati arenacei compatti o moderatamente fratturati, dei pochi interstrati marnoso-argillosi compatti.




Naturalmente non potendo registrare con certezza spessori e posizione dei livelli frantumati non è stato possibile la ricostruzione stratigrafica sulla base delle carote estratte; l'assetto lito-stratigrafico è stato pertanto definito a seguito di video-ispezioni che, comunque, hanno permesso la ricostruzione fino alle profondità massime di 8.0-9.0 metri in quanto la presenza di acqua in falda non ha consentito la registrazione di immagini sufficientemente nitide dei terreni immersi.

Queste perforazioni avevano comunque le principali finalità di ricostruire gli spessori della fondazione esistente, di permettere l'esecuzione di prove di permeabilità in foro tipo Lugeon e di conoscere la natura dei terreni sui quali verranno impostate le fondazioni del nuovo schermo di rinforzo strutturale in cemento armato, di prelevare campioni di roccia da destinare a prove di laboratorio, obiettivi che, sebbene con evidenti difficoltà, sono stati raggiunti.

I risultati conseguiti hanno permesso di accertare uno spessore della fondazione pari a 5.0 metri in corrispondenza dei sondaggi S2 e S3 e quindi nel camminamento di base del cunicolo mentre nei sondaggi S1 e S4 eseguiti sulle scale laterali lo spessore è pari a 2.0 metri. La fondazione è costituita da calcestruzzo non armato sui quali talora si evidenziano elementi di discontinuità, quali fratture e sfarinamento, dovuti presumibilmente alla vetustà del getto; solo in S1 alla profondità di 3.0 metri si è registrato uno stillicidio di acqua per infiltrazione attraverso la fondazione.

I sondaggi sembrano indicare come la fondazione in sponda sinistra (S1-S2) appoggi direttamente su uno strato di argilla-marnosa compatta dello spessore di 3.0-3.5 metri, intercalata ad uno strato arenaceo dello spessore di 0.5-0.9 metri mentre, in sponda destra (S3-S4), il prevalente litotipo di appoggio

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrigione 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 38 / 72</p>
---	--	---

sia costituito da arenaria fratturata alla quale si alternano livelli marnoso argillosi molto friabili dello spessore massimo di circa 1.0 metro del tutto frantumati e persi durante le perforazioni.

Oltre le profondità ispezionate in video, le modalità di avanzamento delle perforazioni hanno permesso di registrare una maggiore frequenza di strati arenacei il cui grado di fratturazione tende a diminuire oltre i 10.0 metri di profondità mentre gli interstrati argillo-marnosi sembrano essere fratturati e facilmente sfaldabili tanto da disperdersi completamente con le fasi di perforazione.

Nei sondaggi S1, S3 e S4, alle rispettive profondità di 5.6, 6.5 e 9.3 metri, la video-ispezione ha messo in evidenza l'ingresso di acqua in falda nei fori il cui livello statico si è poi stabilizzato alla quota del piano di calpestio del cunicolo in S2 e S3 ed a circa 1.0 metro di profondità in S1 e S4.

Quanto sopra indicato a livello di terreni in fondazione risulta in linea con le informazioni scaturite dall'esecuzione dei sondaggi S1-06 e S2-06 effettuati sulla strada di coronamento nel 2006 dalla Ditta Sondeos ed elaborati dalla Dott.ssa Geol. Benedetta Chiodini (vedi stratigrafie riportate in Allegato 2).

**6.3.2. Sondaggio posizionato a valle del corpo diga:** questo sondaggio è stato posizionato alla base del versante in sponda destra subito a valle del corpo diga andando ad indagare i terreni di appoggio del ringrosso del paramento di valle da realizzare con misto stabilizzato.

Il sondaggio, condotto a carotaggio continuo, è stato eseguito con macchina perforatrice della Ditta EGT mod.MD 710

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



*Figura 16 - Sondaggio a valle della diga*

mediante aste e carotiere doppio tipo T6 e tagliente al widia; il sondaggio è stato eseguito con circolazione di acqua, le carote estratte, lavate dalla patina superficiale e fotografate, sono state alloggiare in cassette catalogatrici lasciate in deposito presso il cantiere.

L'assetto stratigrafico è composto da un primo strato di detrito superficiale sciolto ed allentato (rimaneggiato in parte anche da movimenti terra eseguiti per l'interramento dello scarico di fondo della diga) composto da una breccia arenacea eterometrica in matrice sabbioso-limosa, il tutto per uno spessore di almeno 2.0 metri. più in profondità è presente la formazione arenacea fino alla profondità di 7.0 metri in una condizione di elevata fratturazione e presenza di sottili strati argillo-marnosi ed arenacei brecciati.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

Tra 7.0 e 8.4 metri è stato attraversato uno strato arenaceo brecciato poi fino alla profondità di 11.0 metri argille marnose di colore grigio scuro con stratificazione parallela e compatte alle quali tra 9.2 e 9.7 si alterna un livello prettamente argilloso totalmente dilavato dalla circolazione di acqua.

Dopo un ulteriore sottile strato di arenaria brecciata dello spessore di 0.5 metri, a partire dalla profondità di 11.5 metri prevale la formazione arenacea e calcarenitica il cui medio grado di fratturazione (RQD=50-70%) (con frequente andamento quasi verticale) tende a diminuire progressivamente con la profondità divenendo dai 15.0 metri in poi decisamente più compatta (RQD=70-90%).



*Figura 17 - Formazione arenacea e calcarenitica*

Il sondaggio ha raggiunto la profondità di 19.0 metri ed ha intercettato una falda acquifera il cui livello statico si è attestato alla profondità di 3.6 metri dal p.c, questo in analogia a quanto potuto registrare sul vicino sondaggio S3-06 attrezzato a piezometro ed eseguito nell'anno 2006 al piede del paramento di valle in sponda destra (vedi stratigrafia riportata in Allegato 2).

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



## 6.4 Laboratorio geotecnico

Al termine delle operazioni di sondaggio si è provveduto a prelevare campioni significativi di roccia da destinare a prove geotecniche di laboratorio per testarne le qualità geomeccaniche di resistenza.

Le analisi sono state eseguite dal Laboratorio Geo-Test sas con sede in Melfi (PZ) ufficializzato all'esecuzione di prove su roccia dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici.

Nella tabella seguente vengono indicati i campioni analizzati, il sondaggio di provenienza, la litologia, il tipo di test effettuato:

ELENCO CAMPIONI				
Sondaggio	Campione	Profondita'	Litologia	Tipo di prova
S1	1	2.3	Argilla-marnosa	POINT LOAD diametrale
S1	2	3.5	Argilla-marnosa	POINT LOAD assiale
S1	3	----	Arenaria	POINT LOAD assiale
S1	4	----	Arenaria	POINT LOAD assiale
S4	1	4.0	Argilla-marnosa	POINT LOAD assiale
S4	2	4.7	Argilla-marnosa	COMPRESSIONE UNIASSIALE
S4	3	8.0	Arenaria	COMPRESSIONE UNIASSIALE + TRIASSIALE
S5	1	2.6	Arenaria	POINT LOAD assiale
S5	2	8.9	Argilla-marnosa	POINT LOAD assiale
S5	3	13.5	Arenaria	POINT LOAD diametrale
S5	4	1-17.5	Arenaria	SPEZZONI PER TRIASSIALE+ COMPRESSIONE UNIASSIALE
S5		2-18.5		
S5		3-18.5		

Dall'elaborazione dei dati sperimentali sono stati ricavati i parametri di resistenza indicati nella seguente tabella:

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

PARAMETRI DI RESISTENZA							
Campione	Profondita'	Litologia	Is50 Mpa	$\sigma$ Mpa	$\gamma$ kN/mc	c Mpa	$\varphi$ (°)
S1/1	2.3	Argilla marnosa	0.581 d	8.13	---	---	---
S1/2	3.5	Argilla marnosa	0.336 a	4.70	---	---	---
S1/3	----	Arenaria	1.399 a	26.58	---	---	---
S1/4	----	Arenaria	1.181 a	22.44	---	---	---
S4/1	4.0	Argilla marnosa	1.620 a	22.68	---	---	---
S4/2	4.7	Argilla marnosa	---	26.76	26.3	---	---
S4/3	8.0	Arenaria	---	63.49	25.3	22.5	39.1
S5/1	2.6	Arenaria	2.153 a	40.91	---	---	---
S5/2	8.9	Argilla marnosa	0.599 a	8.38	---	---	---
S5/3	13.5	Arenaria	3.555 d 3.404 d	67.54 64.68	---	---	---
S5/4	17.5-18.8	Arenaria	---	74.17	25.8	16	45.8
Is50 - resistenza a punzonamento $\sigma$ - resistenza a compressione c - coesione $\varphi$ - angolo di attrito interno $\gamma$ - peso di volume							

I campioni di arenaria prelevati più in superficie hanno offerto valori di resistenza a compressione minori  $\sigma=22-40$  mentre per i campioni più profondi la resistenza è decisamente maggiore Mpa  $\sigma=63-74$  Mpa; per quest'ultimi i parametri di resistenza al taglio dedotti da prove triassiali hanno indicato coesione variabile tra 16.0-22.5 Mpa ed angolo di attrito interno  $\varphi$  variabile tra 39 e 46°.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

Per i terreni argillo-marnosi molto influisce lo stato di fratturazione avendo rilevato valori decisamente bassi 5.0-8.0 Mpa per i campioni più fessurati e più elevati per quelli maggiormente compatti 23-27 Mpa.

In Allegato 3 sono riportati i certificati di analisi delle prove di laboratorio eseguite e le modalità operative.

## 6.5 Prove Lugeon

Nei fori di sondaggio sono state approntate prove lugeon al fine di definire le caratteristiche di permeabilità dell'ammasso roccioso.

Nella seguente tabella vengono indicate le condizioni di prova ed i risultati conseguiti in termini di coefficiente di permeabilità (m/sec).

PROVE LUGEON					
Sondaggio	Profondità di prova m.	Gradini di pressione bar	Unità Lugeon rappresentativa	Condizioni delle discontinuità	Coeff. di permeabilità m/sec
S1	10-15	4-5-6-5-4	11	Molto strette	$9.8 \cdot 10^{-7} < k < 2.9 \cdot 10^{-6}$
S2	5-10	4-5-6-5-4	1	Molto strette	$7.6 \cdot 10^{-8} < k < 1.1 \cdot 10^{-7}$
S3	5-10	4-5-6-5-4	2	Molto strette	$1.4 \cdot 10^{-7} < k < 2.9 \cdot 10^{-7}$
S4	10-15	4-5-6-5-4	1	Molto strette	$6.4 \cdot 10^{-10} < k < 1.3 \cdot 10^{-6}$
S5	9.5-11	2-4-6-4-2	34	Molto strette	$2.2 \cdot 10^{-6} < k < 3.5 \cdot 10^{-6}$

Grado di permeabilità	Valore di K	
	(m/s)	(cm/s)
<i>Alto</i>	$K > 10^{-3}$	$K > 10^{-1}$
<i>Medio</i>	$10^{-3} < K < 10^{-5}$	$10^{-1} < K < 10^{-3}$
<i>Basso</i>	$10^{-5} < K < 10^{-7}$	$10^{-3} < K < 10^{-5}$
<i>Molto basso</i>	$10^{-7} < K < 10^{-9}$	$10^{-5} < K < 10^{-7}$
<i>Impermeabile</i>	$K < 10^{-9}$	$K < 10^{-7}$

Prendendo a riferimento lo schema al lato, il grado di permeabilità risulta variabile da basso a molto basso.

In Allegato 4 sono riportati le modalità esecutive della prova e l'elaborazione dei dati ottenuti.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 7. SISMICITA'

### 7.1 Sismicità storica

Il territorio comunale di Cortona è stato storicamente interessato da eventi sismici derivanti da fenomeni con zone sorgenti situate in aree geografiche contermini.

La sismicità storica di detto comune viene riportata nella successiva tabella che indica i terremoti censiti dall'INGV per l'area in esame (censimento INGV dall'anno 1000 al 2016).

30/1/2020

CPT115-DBM115 v2.0

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4	1789	09	30	10			Alta Valtiberina	73	9	5.89
4	1796	02	05	02			Aretino	9	7	4.96
F	1798	05	26				Senese	15	6-7	4.85
NF	1874	10	07				Imolese	60	7	4.96
NF	1897	11	15	23	52		Val d'Orcia	26	5	4.10
3-4	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
NF	1908	11	07	15	23		Val di Chiana	17	5	4.25
F	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
3	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
F	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08
F	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915	03	26	23	37		Perugino	40	6	4.55
5	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
NF	1919	09	10	16	57		Val di Paglia	67	7-8	5.36
2	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
4	1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

5	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7 4.70
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
NF	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7 5.04
4	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
NF	1993 01 17 10 51 2	Alta Valtiberina	76	5 4.26
NF	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6 4.72
4	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8 5.66
4	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
3-4	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490	5.22
3-4	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437	5.47
3-4	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786	5.62
2	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409	5.26
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
4	2000 06 22 12 16 3	Bacino di Gubbio	107	5 4.47
4-5	2001 11 26 00 56 5	Casentino	211	5-6 4.63
NF	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5 4.14
NF	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5 4.21
4	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61

Nella tabella, per ogni evento sismico, sono indicati:

- l'intensità al sito (Int) in termini di effetto del terremoto sul territorio espresso secondo lo standard proposto da AHEAD,
- l'anno, il mese, il giorno, in cui si è verificato,
- l'area epicentrale,
- l'intensità massima epicentrale (Io) in scala MCS,
- la magnitudo momento (Mw).

Si precisa che l'area di studio non è direttamente interessata dalla presenza di strutture sismogenetiche significative (faglie attive e capaci) tali da condizionare la stabilità dell'opera a causa delle deformazioni in superficie come conseguenza di eventi sismici.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 7.2 Zonazione sismica nazionale

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (figura seguente).



Figura 18 – Carta dell'Italia con le varie Zone Sismogenetiche

Detta zonazione, effettuata dall'INGV conformemente alle direttive emanate con Ordinanza P.C.M. n. 3247/03 in base alla sismicità storica e strumentale delle singole aree ed all'effetto di propagazione della pericolosità sismica al di fuori di ciascuna zona sorgente, vede l'inserimento dell'area di studio nella zona

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

sismica 920 (Val di Chiana - Ciociaria); tale zona coincide con il settore in distensione tirrenica definito dal modello sismo tettonico di Meletti et al.(2000); tale zona è caratterizzata da una sismicità di bassa energia, che sporadicamente può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati.

Nella tabella seguente, estratta dall'App.2 al Rapporto conclusivo redatto nell'anno 2004 dall'INGV, sono evidenziati i parametri caratteristici che contraddistinguono detta zona sismo-genetica.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 7.3 - Pericolosità sismica di base

Nel 1982 la Regione Toscana intraprese il primo aggiornamento significativo della classificazione sismica del suo territorio. Nel 2003, contestualmente alla pubblicazione dell'O.P.C.M. n°3274/2003, fu effettuato un ulteriore aggiornamento "Documento conoscitivo del rischio sismico in Toscana", finalizzato soprattutto a gestire il passaggio da categorie sismiche a zone sismiche avviando contestualmente uno studio sulla pericolosità sismica di base mediante la stipula di una convenzione tecnico-scientifica con l'Istituto di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

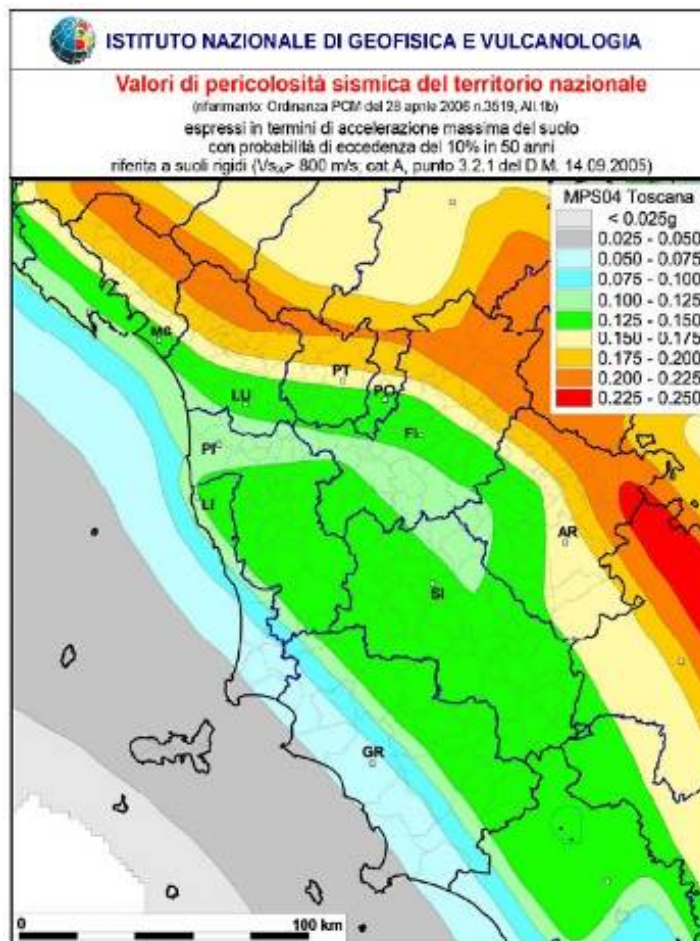





Figura 19 – Valori di Pericolosità sismica in Toscana

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>CHIARINI ASSOCIATI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE Via Galvani, 10/A - 52021 AREZZO - Tel. 0575 220217 - Fax 0575 241437 www.chiariniassociati.it</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel. 0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 49 / 72</p>
--	--	---

I nuovi criteri di valutazione furono emanati con O.P.C.M. n°3519/2006 con conseguente aggiornamento della classificazione sismica regionale con Delibera di Giunta Regionale n° 431 del 19.06.2006; di lato si riporta la Mappa di Pericolosità Sismica derivata.

Tale classificazione teneva conto di una assegnazione della pericolosità sismica locale e della relativa azione sismica di progetto sulla base di un approccio "zona-dipendente", metodo legato anche alla normativa vigente nel 2006 in materia di costruzioni (DM 1996 e NTC 2005).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica di base, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s) e pianeggiante, viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite il citato criterio "zona dipendente"; la stima della pericolosità sismica, quindi, non è più assegnata per territorio comunale ma sui nodi di una griglia di punti a maglia quadrata presenti su tutto il territorio nazionale.

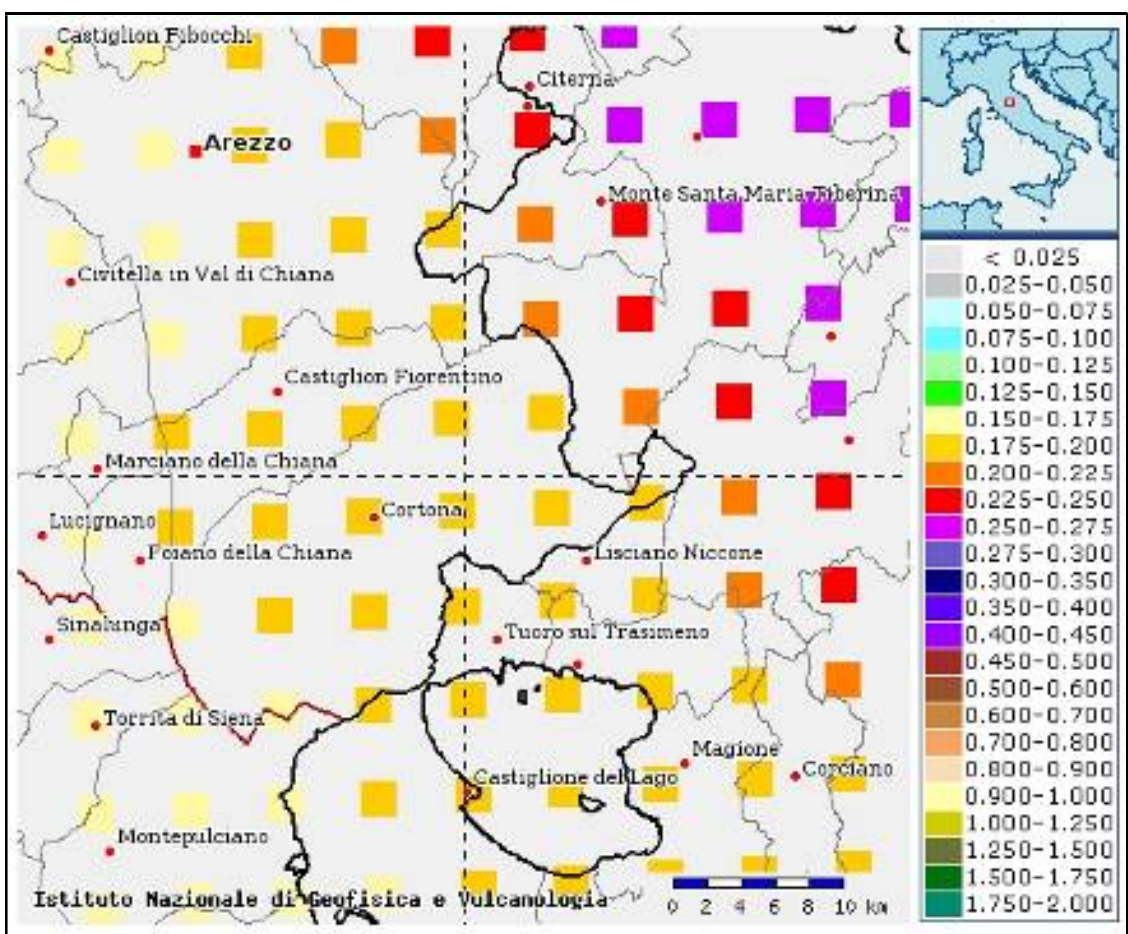
La griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri); la Toscana è interessata da 936 nodi.

I nodi sono identificati da un codice univoco (ID), da coordinate geografiche espresse in gradi decimali (latitudine e longitudine) e da parametri spettrali ( $ag/g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ ) riferiti a diversi tempi di ritorno  $T_r$ .

Nella figura seguente è mostrato un estratto della mappa dell'INGV, relativo al territorio comunale di Cortona, con riportati i nodi e la relativa scala di valori associati di accelerazione sismica su suolo rigido, riferiti ad un tempo di ritorno di 475 anni e una probabilità di superamento in 50 anni del 10%.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA



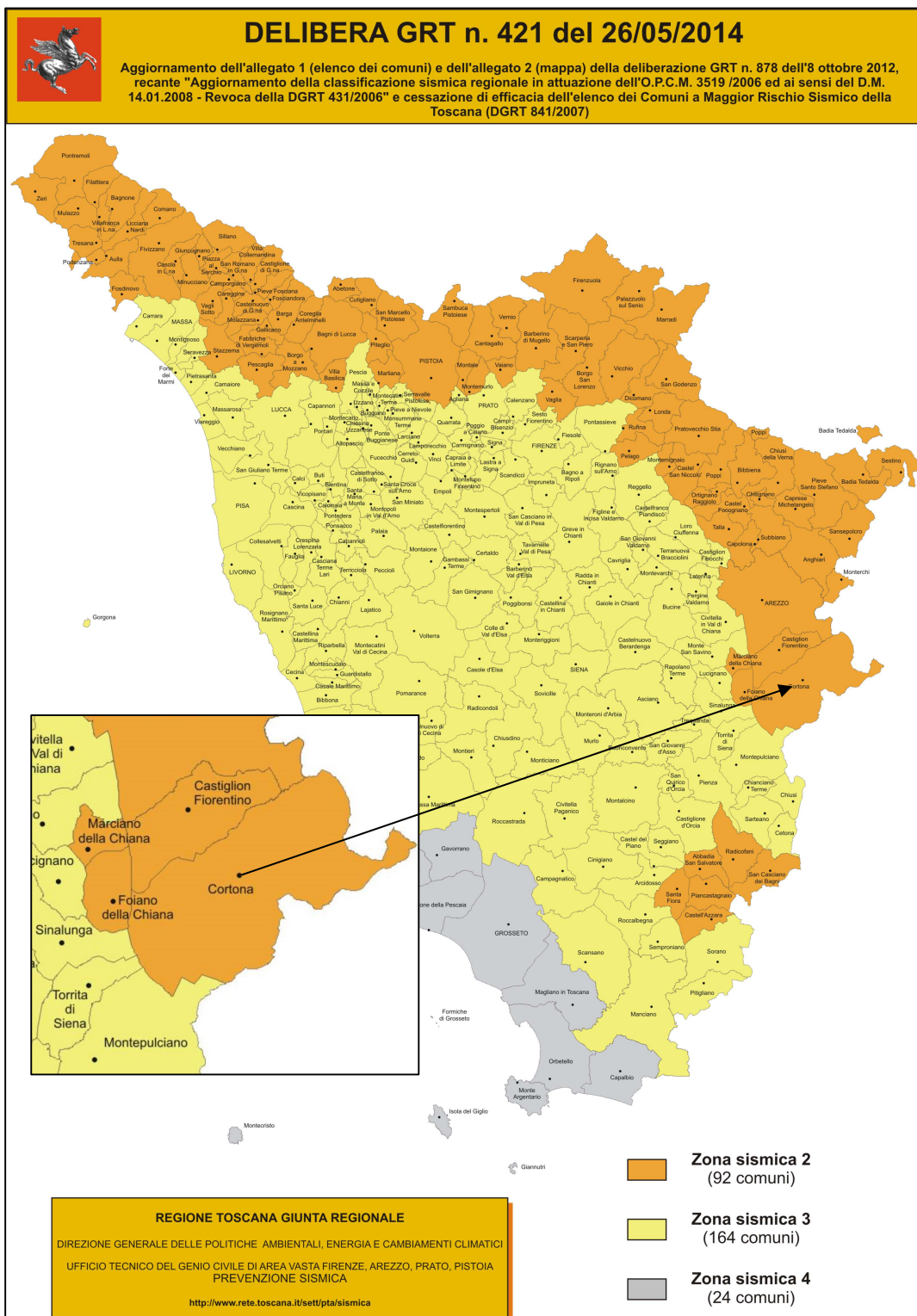
*Figura 20 – Griglia dei valori di Pericolosità Sismica nell'area in studio*

Considerando la necessità di adattare la classificazione sismica del territorio regionale alla nuova mappa di pericolosità sismica (sito-dipendente), sulla scorta dei valori di  $a_g$  riferiti ai diversi punti della maglia è stata prodotta una nuova mappa di classificazione sismica regionale approvata con D.G.R. n. 58/R del 22 ottobre 2012 ed aggiornata con D.G.R. n.421 del 26.05.2014.

Nella figura successiva è riportata la nuova mappa di classificazione sismica dei comuni della Regione Toscana riferita al suddetto DGR n.421.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA



*Figura 21 – Zonazione sismica della Regione Toscana*

<b>Data:</b> Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	<b>App.:</b> gfc	<b>Rev.</b> 01
---------------------------	---	---------------------	-------------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

Riguardo al comune di Cortona, l'avvicinarsi delle varie ordinanze ha portato alle variazioni storiche in termini di classificazione sismica evidenziate nella tabella seguente:

### STORIA DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE TOSCANA DAL 1927 A OGGI

CLASSIFICAZIONE ATTUALE Del. G.R.T. n° 421 del 26 maggio 2014 (attuazione Ord. P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 e D.M. 14 gennaio 2008)

COMUNE: **STORIA DELLA CLASSIFICAZIONE PRECEDENTE ALLA FUSIONE DEI COMUNI**

Provincia	Cod. STAT	Comune	CLASSIFICAZIONI PRECEDENTI							ATTUALE		
			Regio Decreto 13 marzo 1927 n° 431	Regio Decreto 28 marzo 1925 n° 640	Regio Decreto 22 novembre 1927 n° 335	Legge 28 novembre 1962 n° 1984	Decreto Ministeriale 19 marzo 1967	Ord. P.C.M. n° 3214 del 28 marzo 2003 (D.L. n° 11 del 16 giugno 2003)	Ord. P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 (D.L. n° 11 del 16 giugno 2006)		Del. G.R.T. n° 421 del 26 maggio 2014	
AREZZO	05051001	AREZZO	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	nc	nc	nc	2	2	2	2	2
	05051002	AREZZO	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	nc	nc	nc	2	2	2	2	2
	05051003	BADIA FIESOLANA	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	nc	nc	nc	2	2	2	2	2
	05051004	BIBBENA	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	2 - art. VI del S.M. n° 116 - Firenze	nc	nc	nc	2	2	2	2	2
	05051005	ELCENE	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051006	CAPPOLENNA	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051007	CARRARSE, MICHELANICOLO	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051008	CASTEL FIOCCIANO	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051009	CASTEL FIOCCIANO (D. 1922)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051010	CASTEL FIOCCIANO (D. 1922)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051011	CASTEL FIOCCIANO (D. 1922)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051012	CASTEL FIOCCIANO (D. 1922)	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051013	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051014	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051015	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051016	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051017	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051018	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051019	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
	05051020	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
05051021	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051022	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051023	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051024	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051025	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051026	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051027	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051028	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051029	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051030	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051031	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051032	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051033	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051034	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051035	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051036	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051037	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051038	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051039	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051040	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051041	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051042	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051043	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051044	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051045	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051046	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051047	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051048	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051049	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051050	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051051	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051052	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051053	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051054	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051055	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051056	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051057	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051058	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051059	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051060	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051061	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051062	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051063	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051064	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051065	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051066	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051067	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051068	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051069	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051070	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051071	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051072	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051073	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051074	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051075	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051076	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051077	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051078	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051079	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051080	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051081	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051082	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051083	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051084	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051085	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051086	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051087	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051088	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051089	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051090	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051091	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051092	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051093	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051094	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051095	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051096	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051097	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051098	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051099	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051100	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051101	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051102	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051103	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051104	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051105	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051106	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051107	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051108	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051109	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051110	CARRARSE	2	2	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	
05051111	CARRARSE	2	2	nc	nc							

Come evidente nel corso degli anni le conoscenze in materia hanno portato a classificare costantemente il territorio di Cortona in **Zona sismica 2 a medio-alta sismicità** alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresa tra 0.15 e 0.25 ag/g, che si traduce in una accelerazione orizzontale massima di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,25 ag/g.




ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a <sub>g</sub> /g)	ACCELERAZIONE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (a <sub>g</sub> /g)
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

## 7.4 - Azione sismica di progetto

Il moto generato da un sisma in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono (Risposta Sismica Locale). Per definire l'azione sismica di progetto si può valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento con livelli di pericolosità crescenti (NTC – Tab. 3.2.II), a cui associare il rispettivo spettro di risposta, e sulle condizioni topografiche (Tab. 3.2.IV). Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, secondo quanto dettato dalle NTC 2018, “*La classificazione si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dalla già indicata espressione:*

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

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrigione 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 54 / 72</p>
---	--	---

## 8. METODOLOGIE INDAGINI GEOFISICHE

### 8.1 - Sismica a rifrazione

#### 8.1.1 – Acquisizione dati

Le operazioni di acquisizione dati si sono svolte nei giorni 5 e 6 Settembre 2019 utilizzando il sismografo digitale DAQ-Link III della Seismic Source, 24 geofoni verticali a 60 Hz, 24 geofoni orizzontali OYO GEOSPACE a 10 Hz e n. 2 cavi sismici multipolari con take-out pari a 4 m.

Per la generazione delle onde P è stata utilizzata una mazza da 11kg battente su una piastra in nylon. Il sistema si è dimostrato sufficiente a fornire l'energia necessaria alle indagini.

Per la generazione delle onde SH, è stata utilizzata una mazza da 11 kg battente, tangenzialmente alla superficie, su una piastra in teflon posta verticalmente ai lati di una fossetta appositamente scavata nel terreno.

Le registrazioni relative alle onde SH sono state effettuate dopo la sommatoria, con polarità invertita del segnale, di impulsi generati ai due lati opposti della fossetta o della trave. In questo modo si ottiene l'annullamento delle onde di compressione eventualmente generate e l'incremento del segnale delle onde S.

Lungo tutti i profili sismici indagati, la cadenza dei tiri è stata di uno ogni 3 geofoni oltre a due tiri esterni.

<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------

## 8.1.2 – Elaborazione dati e restituzione dei risultati

### PICKING

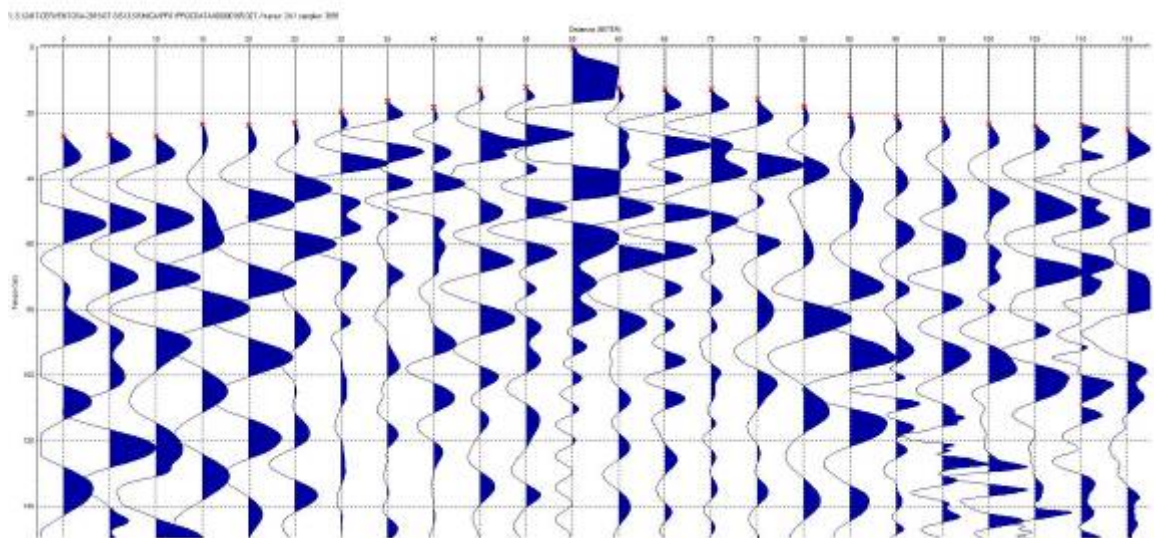
La determinazione degli istanti di primo arrivo è stata effettuata mediante l'ausilio del software Reflexw versione 7.5 che permette la visualizzazione ed eventuale miglioramento del segnale mediante tecniche di filtraggio digitale.

In genere si è proceduto alla regolarizzazione della scala di ampiezza della traccia, al filtraggio di rumori ad alta frequenza e/o a bassa frequenza oltre alla eliminazione di componenti monotoni a 50 Hz derivanti da linee elettriche presenti nelle vicinanze.

Queste operazioni hanno portato a notevoli miglioramenti dei sismogrammi acquisiti. Di seguito verranno mostrate, a titolo esemplificativo, delle immagini relative ai risultati dopo tali elaborazioni, dove viene indicato il punto selezionato come istante di primo arrivo delle vibrazioni per ciascuna traccia.

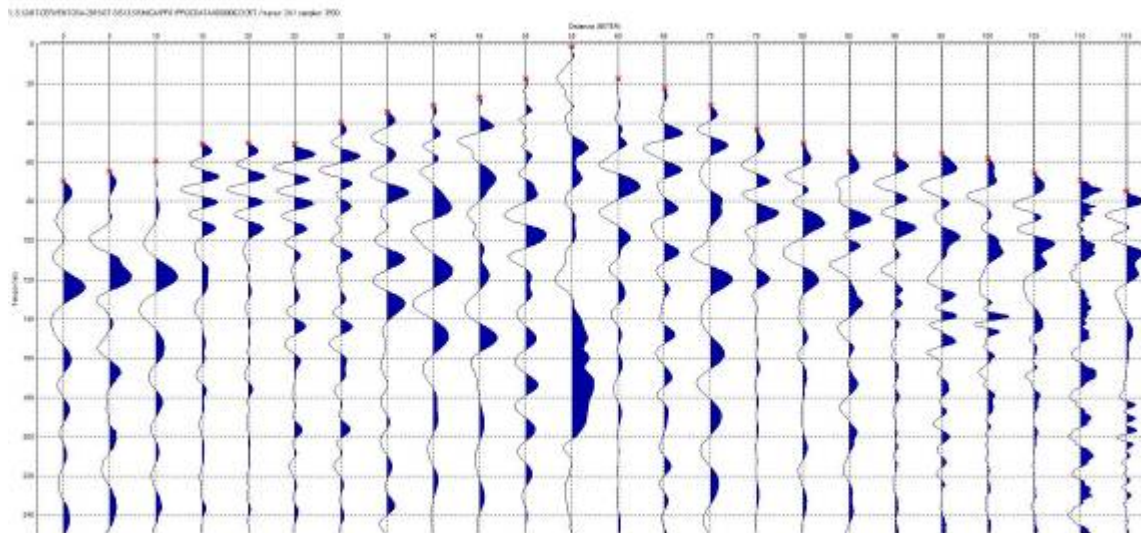
Questa selezione è stata effettuata manualmente con l'ausilio della funzione "PHASE FOLLOWER" di Reflexw che, laddove i segnali sono chiari, porta alla individuazione dello stesso segnale selezionato nelle tracce successive a quella in cui è stato individuato con chiarezza.

Di seguito alcuni esempi.



Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

*Figura 22 - Profilo PR-1 tiro sul geofono 12 onde P*



*Figura 23 - Profilo PR-2 tiro sul geofono 12 onde S*

### 8.1.3 – Elaborazione tomografica

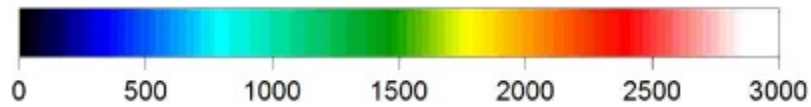
Partendo dai dati del picking è stata effettuata l'elaborazione tomografica con il software RAYFRACT. Questa elaborazione parte da un modello iniziale, generato con la tecnica DeltaTV, successivamente viene effettuata l'inversione iterativa del modello con la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing) che analizza la propagazione dei vari fronti d'onda generati nei punti di tiro (punti di generazione delle onde simiche) fino ad ogni geofono.

Il modello stratigrafico che si ottiene, consistente nell'insieme di elementi caratterizzati da una specifica velocità, viene, quindi, rappresentato da una immagine del sottosuolo nel piano verticale passante per la sezione esplorata. Di seguito si riportano le elaborazioni tomografiche sia ad onde P che S (vedi anche le Tavole allegate), ricostruite mediante la suddetta tecnica.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



Nel caso specifico le tomografie ottenute per le onde P, vengono rappresentate mediante curve isovelocità ad intervallo di 200 m/sec ed una scala cromatica (vedi immagine sottostante) che va dal blu scuro per i valori bassi passando poi al celeste, poi al verde, poi al giallo poi la rosso ed infine al bianco per i valori massimi che nella zona in esame si è ritenuto di poter limitare a 3.000 m/sec.

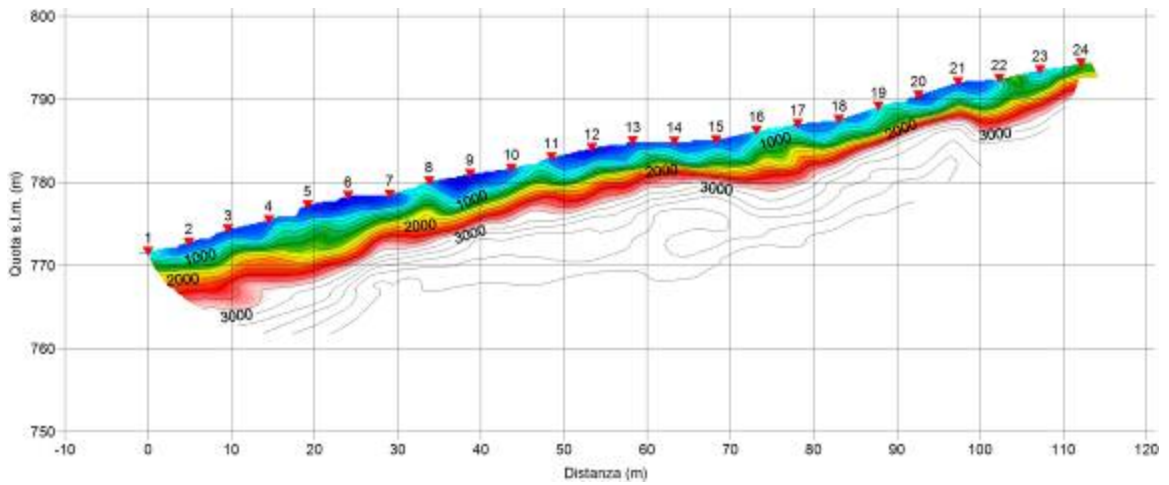


Per le onde SH la tomografia è stata calcolata nel range tra 0 e 1.500 m/sec e la rappresentazione ad isolinee è effettuata con intervallo di 100 m/s; la scala cromatica è leggermente diversa dalla precedente seppur basata sulla stessa successione di tonalità di colore, vedi immagine seguente.

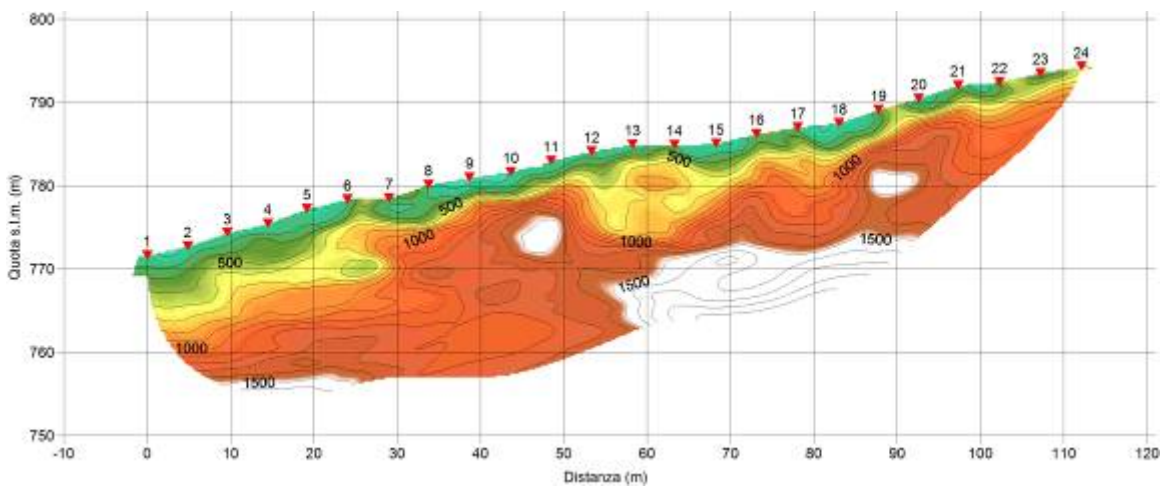


Nelle figure seguenti si riportano i risultati ottenuti per i profili PR1, PR2 e PR3, sia ad onde P che SH.

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



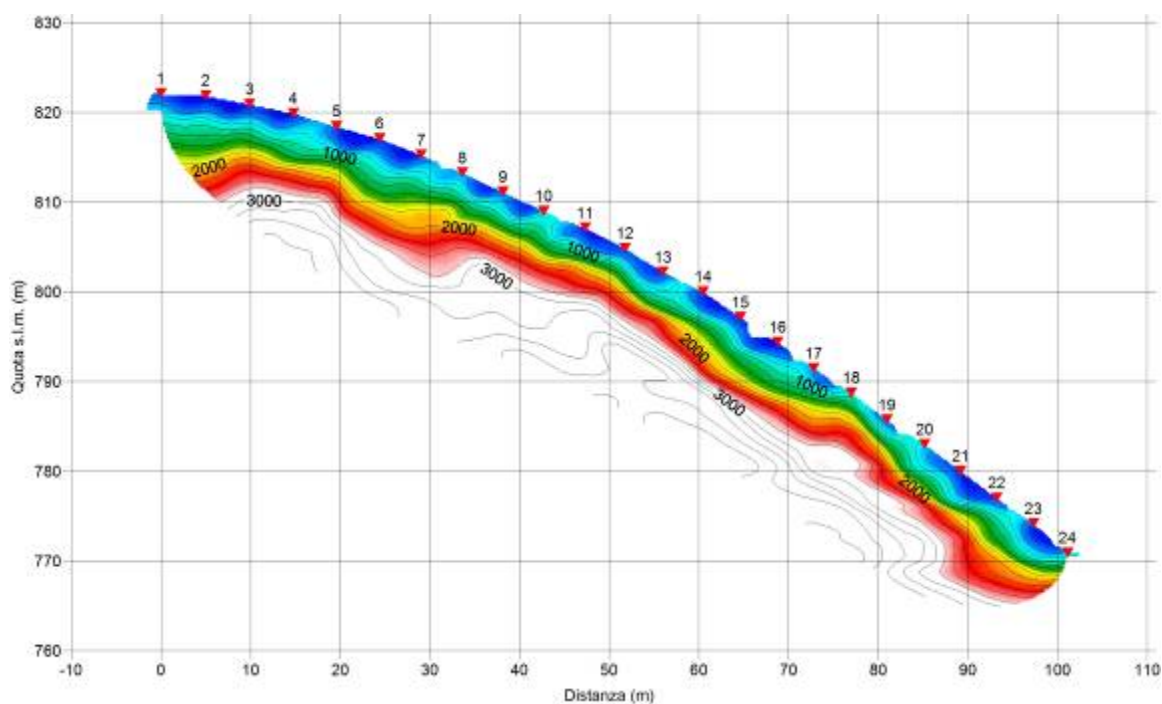
*Figura 24 - Tomografia del profilo PR1 ad onde P*



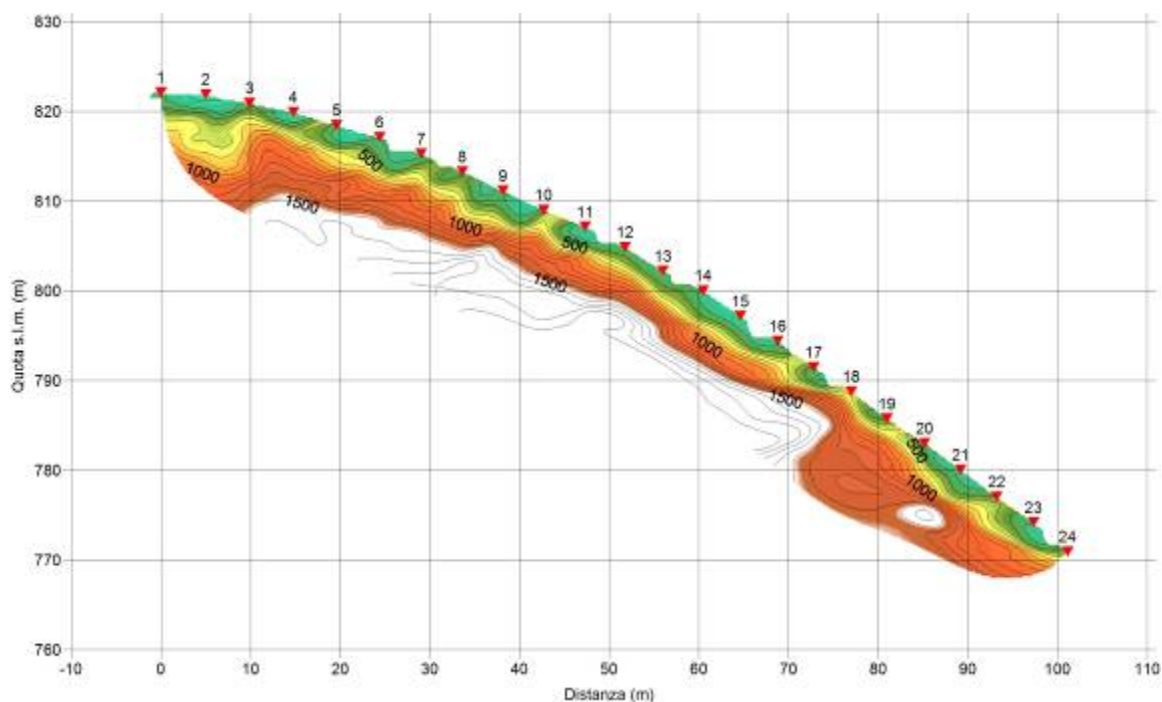
*Figura 25 - Tomografia del profilo PR1 ad onde SH*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione_trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA

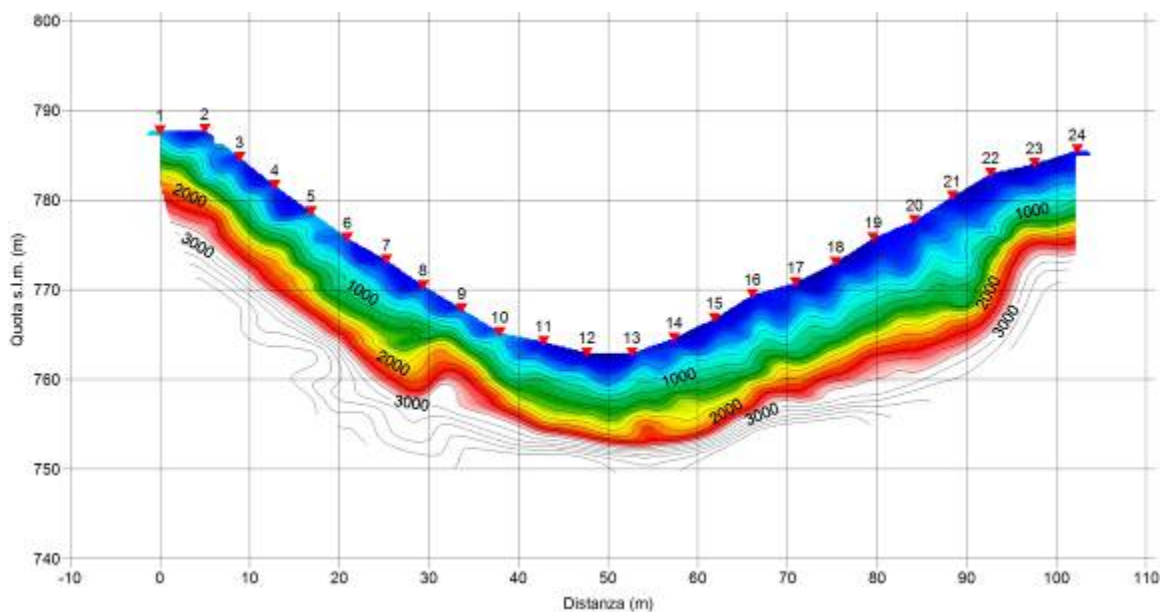


*Figura 26 - Tomografia del profilo PR2 ad onde P*

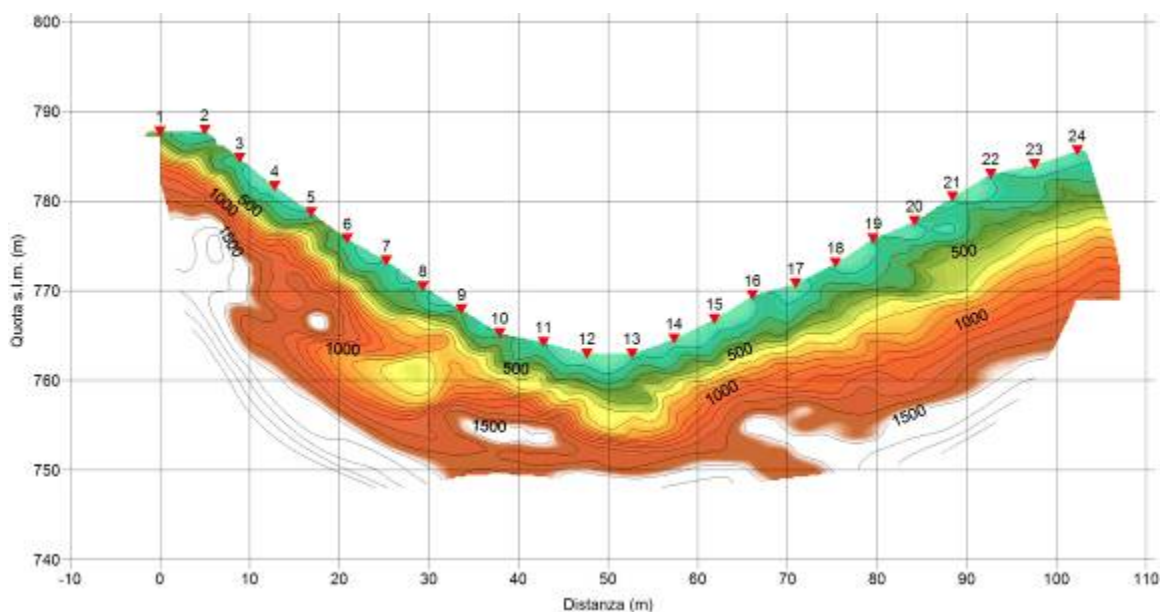


*Figura 27 - Tomografia del profilo PR2 ad onde SH*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione_trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------






*Figura 28 - Tomografia del profilo PR3 ad onde P*



*Figura 29 - Tomografia del profilo PR3 ad onde SH*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione_trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 61 / 72</p>
---	--	---

## 8.2 DOWN HOLE

La prova è stata eseguita nel giorno 30 Ottobre 2019 in corrispondenza del sondaggio S-5. La tecnica Down-Hole consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche, generate in superficie, ad un gruppo di geofoni posti in un foro di sondaggio ad una determinata profondità. In particolare ogni gruppo di geofoni utilizzato in questa metodologia registra gli impulsi su tre canali provenienti da sensori orientati secondo le tre direzioni spaziali, due orizzontali (per convenzione x e y), ed una verticale (z): da questo deriva il nome convenzionale di geofono 3D o tridimensionale.

Nel caso particolare il sistema di ricezione dei segnali è costituito da un doppio gruppo di geofoni tridimensionali posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori. I due gruppi sono stati posizionati a profondità variabili da -1.00 fino a fondo foro.

Per quanto riguarda le modalità dell'esecuzione delle misure, per ogni profondità di posizionamento del geofono, sono state eseguite registrazioni con differenti modalità di generazione delle vibrazioni, i punti di generazione delle vibrazioni sono stati, comunque, mantenuti a distanza costante di 5 metri dal boccapozzo.

Le vibrazioni sono state generate secondo lo schema di figura seguente, con impulsi verticali (battendo su una piastra) e con impulsi orizzontali (battendo sui lati di una tavola zavorrata dal peso di un'autovettura), pertanto su ogni posizione dei gruppi di sensori sono stati acquisiti almeno 3 differenti segnali.

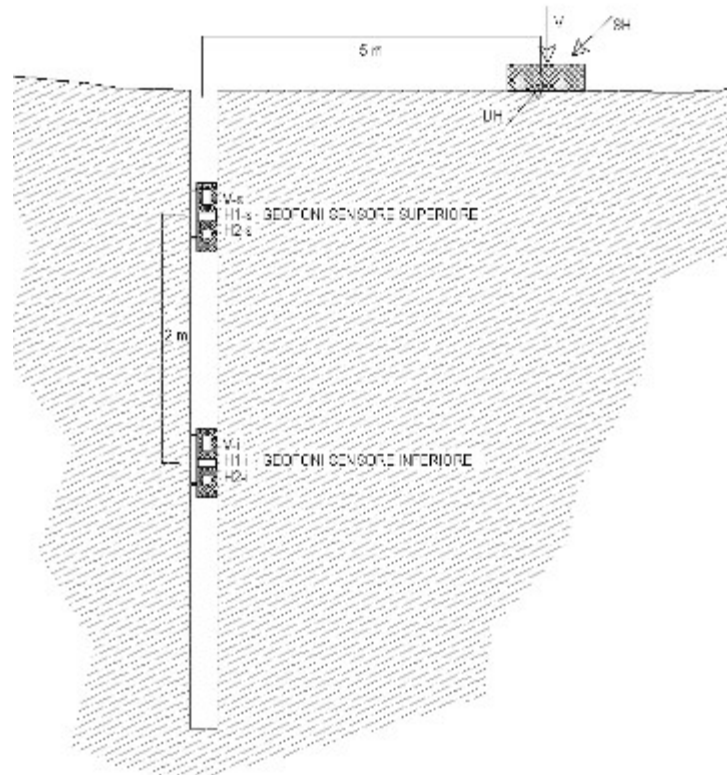
Le differenti modalità con cui vengono generate le vibrazioni servono per poter distinguere, nei sismogrammi, le onde P ed SH e misurare i relativi tempi di arrivo. Infatti con gli impulsi orizzontali generati sulla tavola zavorrata si creano, quasi esclusivamente, onde di taglio, inoltre, generando l'impulso orizzontale in

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

due posizioni opposte (a destra e a sinistra della tavola), la polarità dell'onda sismica si inverte, mentre l'onda di compressione arriva con polarità costante: l'inversione della polarità del segnale proveniente dai sensori orizzontali, per le due differenti energizzazioni, porta ad annullare il segnale relativo all'onda di compressione ed enfatizzare quello relativo all'onda di taglio.

Ogni misurazione è stata registrata con il sismografo digitale OYO McSeis Sx in configurazione da 13 canali (12 canali per i segnali ed il 13° per il segnale di trigger).

Nella figura seguente si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.



*Figura 30 - Schema di posizionamento sensori e sorgenti sismiche*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

I collegamenti attivi con i canali del sismografo sono stati i seguenti:

- Canale 1 attivo con geofono V-s per la battuta V;*
- Canale 2 attivo con geofono V-i per la battuta V;*
- Canale 3 attivo con geofono H1-s per la battuta SH;*
- Canale 4 attivo con geofono H1-i per la battuta SH;*
- Canale 5 attivo con geofono H2-s per la battuta SH;*
- Canale 6 attivo con geofono H2-i per la battuta SH;*
- Canale 7 attivo con geofono H1-s per la battuta DH;*
- Canale 8 attivo con geofono H1-i per la battuta DH;*
- Canale 9 attivo con geofono H2-s per la battuta DH;*
- Canale 10 attivo con geofono H2-i per la battuta DH;*
- Canale 11 attivo con geofono H1-i per la battuta SH e con polarità invertita sommatoria della battuta DH ;*
- Canale 12 attivo con geofono H2-i per la battuta SH e con polarità invertita sommatoria della battuta DH ;*

(Il lato Sinistro o Destro dell'asse di battuta è stato stabilito come visibile dal foro di sondaggio)

Pertanto con 12 canali si acquisiscono tutte le informazioni delle varie configurazioni.

Va ricordato che i tempi misurati sui sismogrammi sono relativi al percorso inclinato tra il punto sorgente (distante 5 metri dal boccapozzo), ed i punti di posizionamento dei sensori. La correzione di questi tempi viene effettuata con la seguente formula:

$$TVC = TVM * FC$$

Dove:

TVC è il tempo calcolato sia per le onde P che per le Onde S;

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

TVM è il tempo misurato per il percorso obliquo;

FC è il fattore di correzione dipendente dalla distanza dal boccapozzo e dalla profondità dei sensori.



Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------



*Figura 31 - Fase di Acquisizione dei Dati*

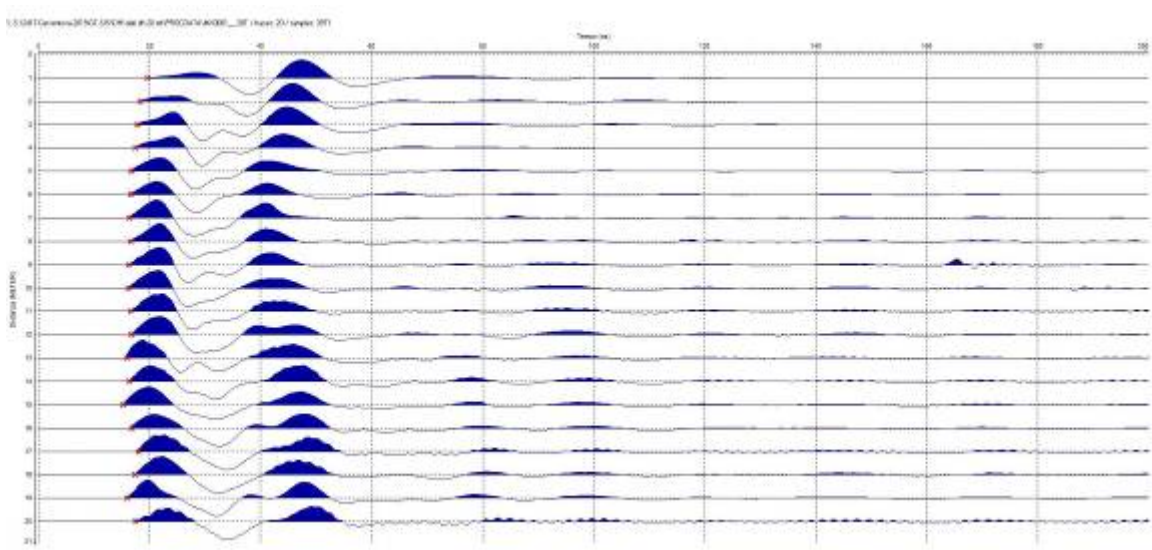


*Figura 32 - Fase di Acquisizione dei Dati*

Data:	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.:	Rev.
Nov. 2021		gfc	01

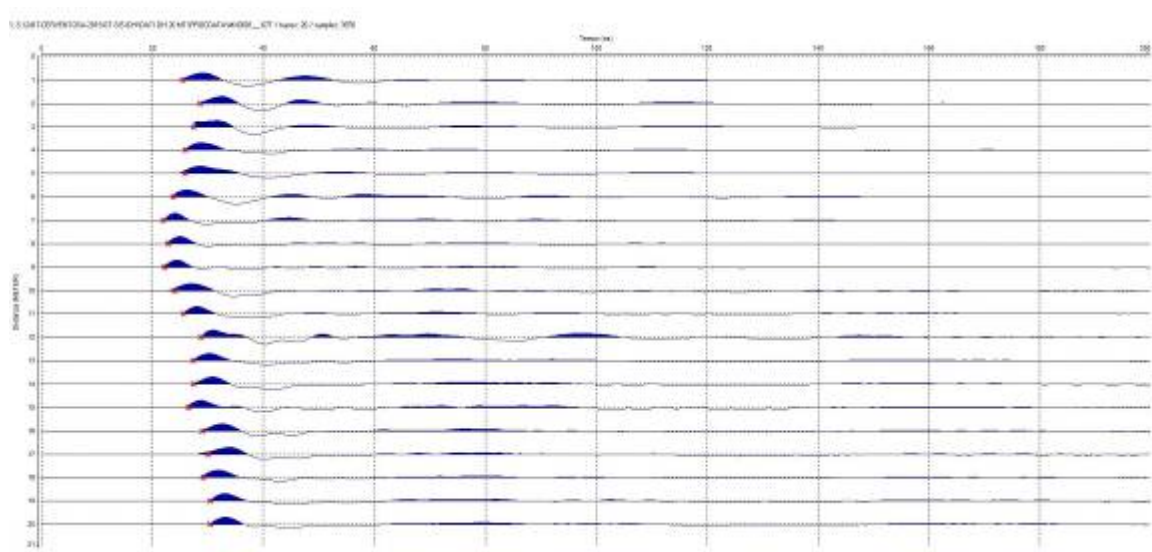
### 8.2.1 – Stampa sismogrammi dei canali per la determinazione delle velocità

Assemblaggio delle varie tracce relative al geofono verticale inferiore (V-i) del sistema di ricezione (onde P).



*Figura 33 - Assemblaggio dei sismogrammi delle onde P*

Assemblaggio delle varie tracce relative al geofono verticale inferiore (H1-i) del sistema di ricezione (onde SH).



*Figura 34 - Assemblaggio dei sismogrammi delle onde SH*

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione_trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 8.2.2 – Tabella tempi d'arrivo corretti delle onde P ed SH

PB	DbatM	FC	TVPM	TVPC	TVSM	TVSC
1	5	0.20	20.249052	3.97	25.136017	4.93
2	5	0.37	19.166214	7.12	27.421108	10.18
3	5	0.51	18.299946	9.42	26.931446	13.86
4	5	0.62	18.083378	11.30	25.433783	15.89
5	5	0.71	17.00054	12.02	24.324322	17.20
6	5	0.77	16.783974	12.89	23.423422	17.99
7	5	0.81	16.847324	13.71	22.220129	18.08
8	5	0.85	16.783974	14.23	22.517845	19.10
9	5	0.87	16.67569	14.58	22.852774	19.98
10	5	0.89	17.00054	15.21	23.83025	21.31
11	5	0.91	17.40196	15.84	25.462458	23.18
12	5	0.92	17.40196	16.06	26.611423	24.56
13	5	0.93	16.441441	15.35	27.020782	25.22
14	5	0.94	17.34234	16.33	27.467354	25.87
15	5	0.95	16.567406	15.72	27.541782	26.13
16	5	0.95	17.34234	16.55	28.993143	27.67
17	5	0.96	18.468468	17.72	29.142	27.96
18	5	0.96	18.243242	17.58	28.807072	27.76
19	5	0.97	16.666666	16.12	29.236595	28.27
20	5	0.97	17.792791	17.26	29.886297	28.99

<b>DbatM</b>	Distanza tra punto di battuta e boccapozzo (m)
<b>FC</b>	Fattore di Correzione tra distanza obliqua e verticale
<b>TVPM</b>	Tempo di transito misurato delle onde P
<b>TVPC</b>	Tempo di transito corretto delle onde P
<b>TVSM</b>	Tempo di transito misurato delle onde SH
<b>TVSC</b>	Tempo di transito corretto delle onde SH

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 8.2.3 Dromocrone e velocità di strato

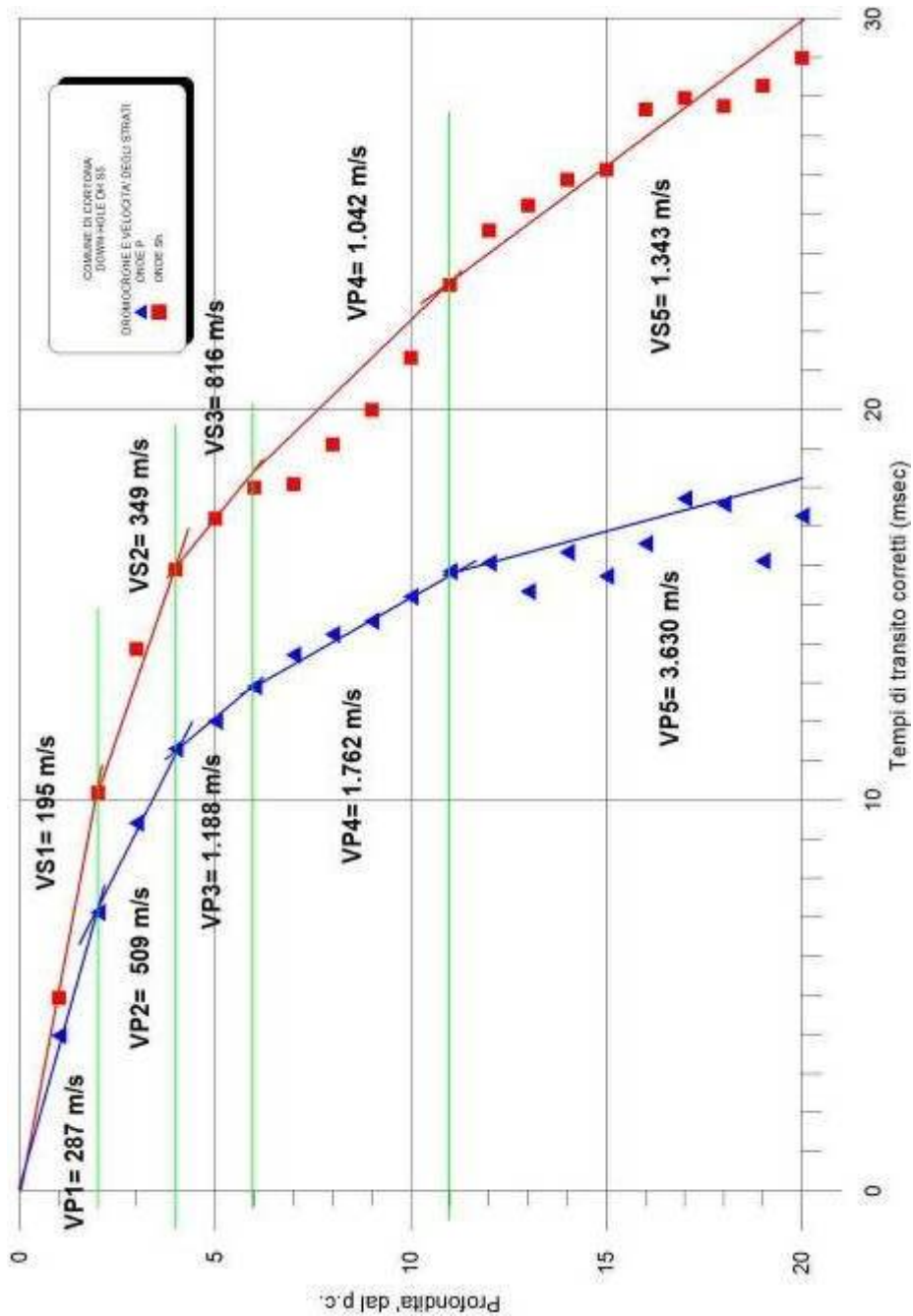


Figura 35 - Dromocrone delle onde P ed SH

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

### 8.2.4 Diagramma velocità di strato onde P ed SH

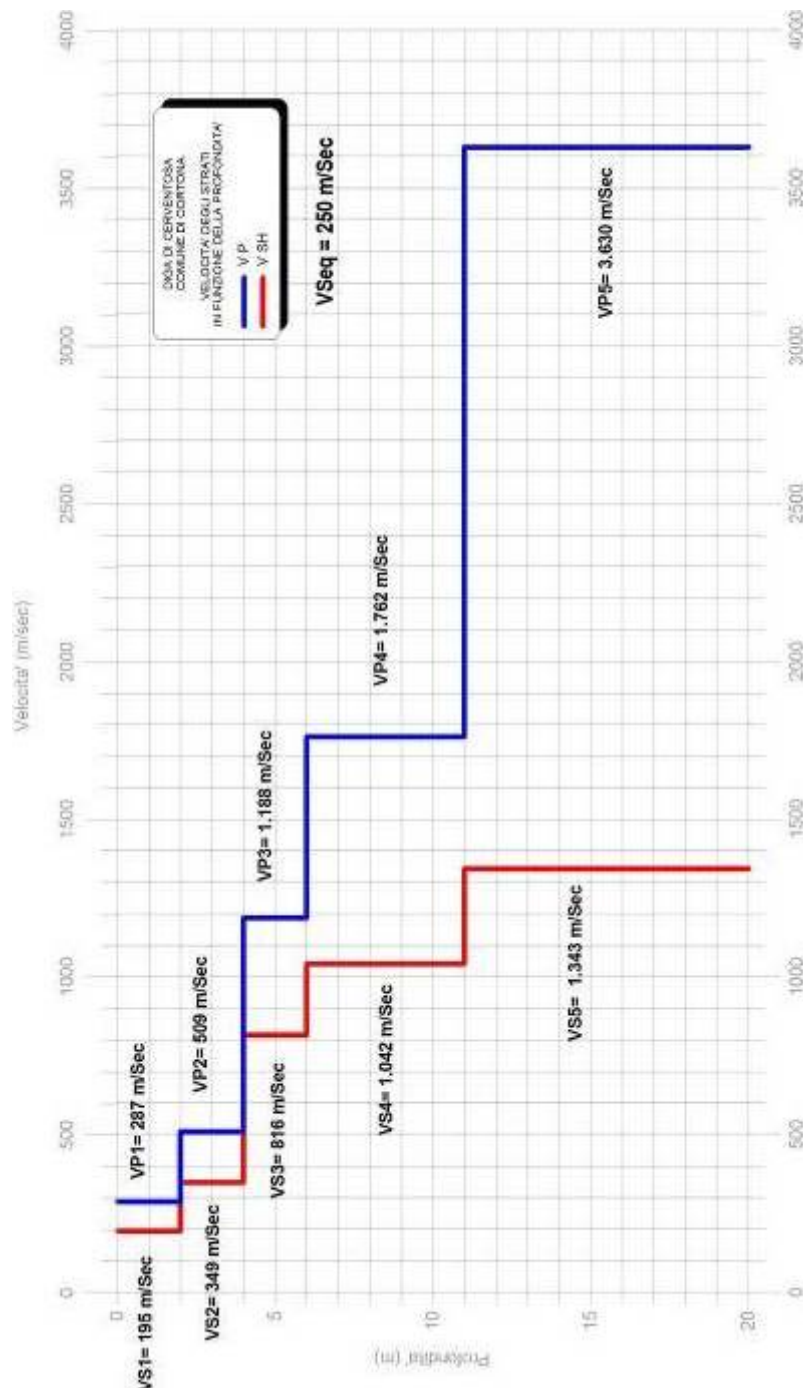


Figura 36 - Diagrammi delle Velocità delle Onde P ed SH

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

## 9. CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI GEOFISICI

L'elaborazione dei dati, eseguita con la modalità tomografica, ha portato alla ricostruzione di n.3 sezioni interpretative che evidenziano l'andamento degli strati con cui è stato schematizzato il sottosuolo esplorato (Tavole 3, 5 e 7).

La distinzione stratigrafica è evidenziata dalle simbologie riportate nella legenda di figura seguente.

### LEGENDA SEZIONE INTERPRETATIVA



Suolo, coltre detritica e/o terreno di riporto

Alterazione del substrato

Substrato compatto

Il primo sismostrato, attribuito a suolo e/o materiale di riporto è stato riconosciuto su tutta l'area esplorata con spessori compresi tra 1 e 6 metri. Si ritiene che il limite inferiore del presente sismostrato sia collocabile intorno alla isovelocità di 800-1000 m/sec per le onde P e 450-550 m/sec.

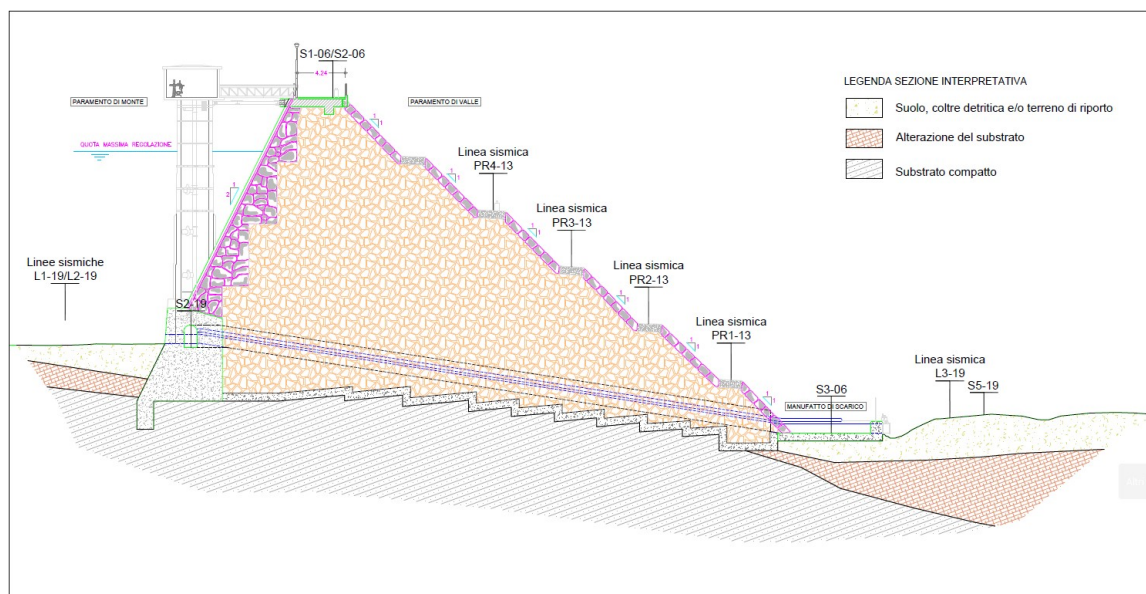
Al di sotto dello strato superficiale si trovano le Arenarie del Falterona in condizioni di moderato allentamento, con spessori compresi tra 1.5-8 metri con velocità sismiche comprese tra circa 1800-2000 m/sec per le onde P e 800-900 per le onde SH.

Il terzo strato è rappresentato dalla formazione in situ in condizione di elevata compattezza, con velocità sismiche superiori a 2000 m/sec per le onde P e 900 m/sec per le onde SH.

Oltre alle elaborazioni e restituzioni sopra descritte, utilizzando lo stesso criterio interpretativo, è stata realizzata una sezione trasversale alla diga, in asse all'andamento del "Fosso della Cerventosa". Per la sua realizzazione, sono stati

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------




utilizzati tutti i dati geotecnici e geofisici in nostro possesso e provenienti sia dallo studio attuale che da quelli pregressi del 2013, 2006, 2002 e precedenti. Il risultato è riportato in Tavola 8 nella quale, oltre alla sezione del paramento, è raffigurato il possibile andamento dei terreni, sia al di sotto della diga che nelle immediate vicinanze a monte e a valle. Analogamente alle sezioni interpretative precedentemente descritte, la discretizzazione degli strati è stata la stessa, suddividendo i terreni indagati in tre orizzonti. Di seguito uno stralcio della sezione descritta visibile anche in Tavola 8.



*Figura 37 - Sezione interpretativa trasversale alla diga*

Come si può osservare, al di sotto del manufatto, sono presenti solo ed esclusivamente le arenarie del substrato compatto (F.ne delle Arenarie del Monte Falterona), sulle quali poggiano le sue fondazioni. Sia a monte che a valle di essa, sono presenti i depositi di copertura superficiale, con spessori compresi tra circa 2-4 metri e le litologie appartenenti all'alterazione del substrato. Quest'ultimi mostrano spessori piuttosto regolari di circa 2 metri nella zona a monte del

Data: Nov. 2021	2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc	App.: gfc	Rev. 01
--------------------	---	--------------	------------

 <p>PROGETTISTI: Ing. REMO CHIARINI Ing. ALESSANDRO BERNI</p> <p>CHIARINI ASSOCIATI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE Via Galvani, Perugia, 05100 09220 - Tel. 075 380017 - Fax 075 380017 www.chiariniassociati.com</p> <p>COMMITTENTE:  NUOVE ACQUE S.p.A. Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289</p>	<p><b>RELAZIONE GEOLOGICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DELL'AREA DI IMPOSTA DELLA DIGA DI CERVENTOSA</b></p>	 <p>Rapporto n. 2417/19 Pag. 72 / 72</p>
---	--	---

manufatto, mentre nella zona a valle sono decisamente più variabili, con spessori iniziali di circa 1 metro che, andando verso valle, arrivano a superare i 6 metri.

I risultati ottenuti con la tecnica Down-Hole in un foro di sondaggio con profondità di 20 metri, hanno portato a restituire i diagrammi delle velocità sismiche delle onde P ed SH in funzione della profondità. Nella posizione del sondaggio il substrato sismico, per quanto vicino alla superficie, è risultato a profondità superiore a 3 m pertanto si deve calcolare il valore del Vs30 come Vs(equivalente) per lo strato soprastante il substrato, cioè per 4 m e risulta pari a VsEq (4m) 250 m/sec. Con tale dato il terreno di fondazione alla quota del piano di campagna nel punto del sondaggio, cioè dove è previsto l'allungamento del corpo diga a valle, rientrerebbe in categoria E. Tuttavia se in fase di progettazione verrà previsto uno scavo di almeno 2 m la categoria di terreno di fondazione sarà la "A".

Anche lungo la sezione trasversale al corpo diga, dalle informazioni acquisite con i sondaggi nel cunicolo e dall'estrapolazione di tutte le altre informazioni disponibili, si può essere ragionevolmente sicuri che sotto la fondazione della diga sia presente la formazione che costituisce il substrato identificata dal DH-S5-19 e pertanto si ritiene ragionevole considerare il terreno di appoggio della Diga esistente in categoria A ai sensi delle NTC2018.

Dr Geol. Gianfranco Censini

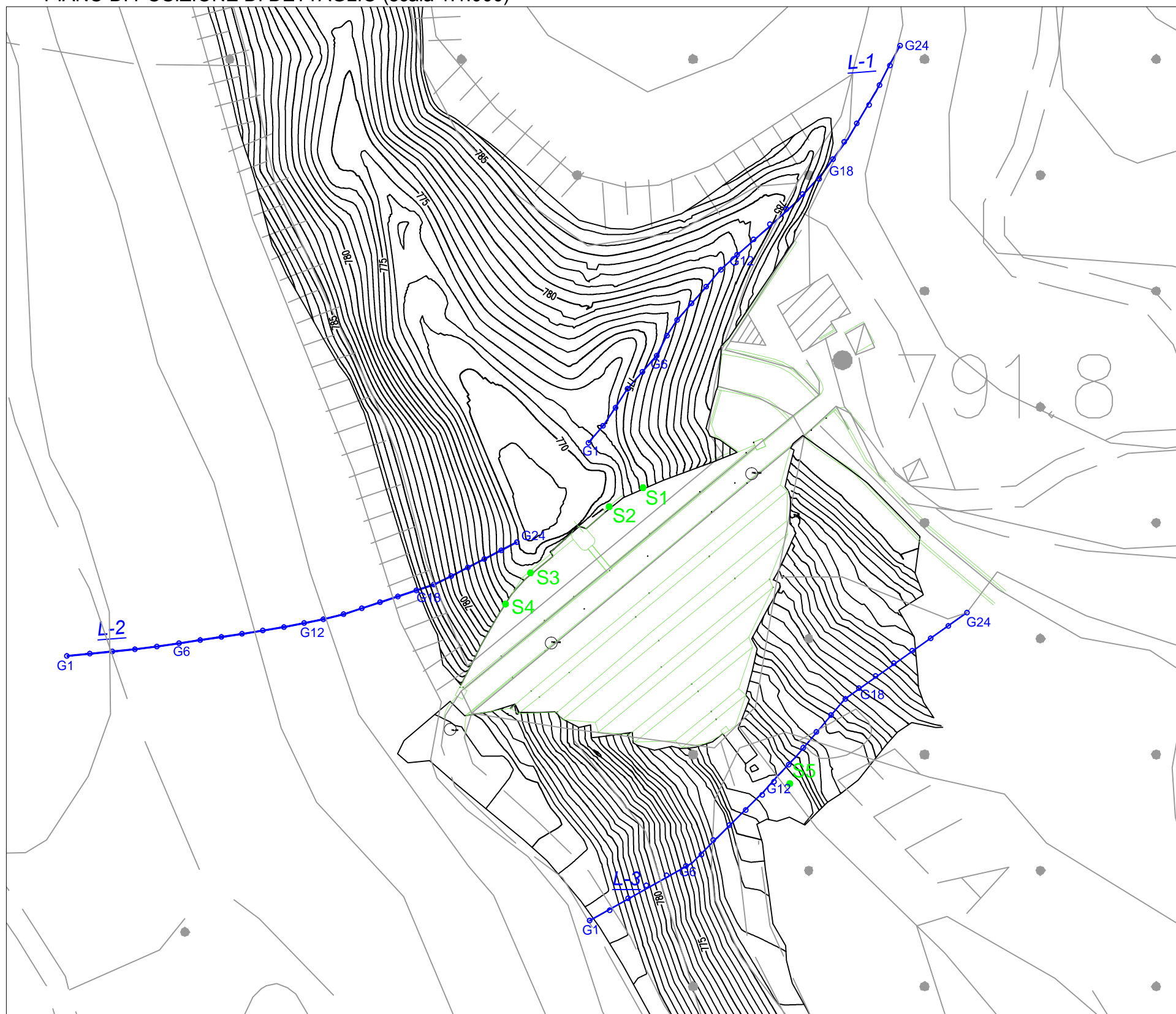
Dr Geol. Francesco Russotto

Sinalunga, Novembre 2021

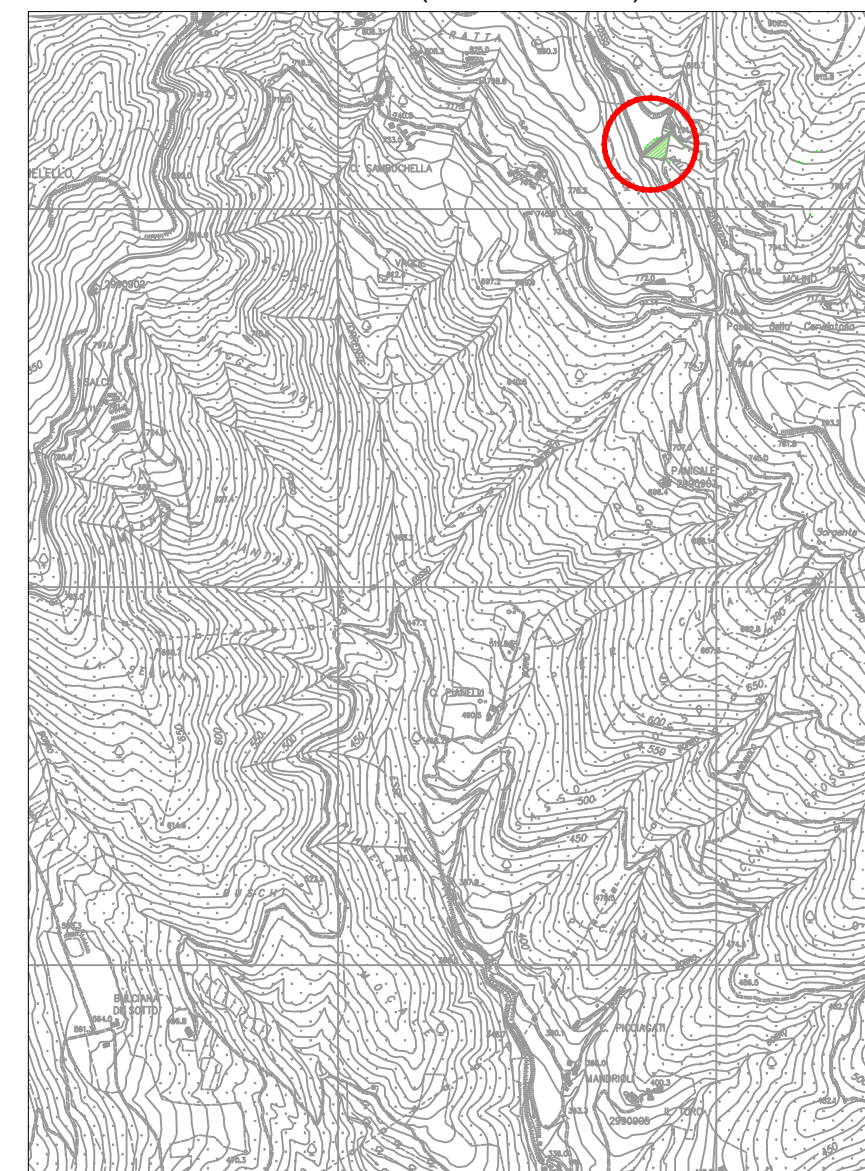
<p>Data: Nov. 2021</p>	<p>2417-cerventosa_geologica-geotecnica-geofisica_compresso-03112021_rev_sezione trasversale.doc</p>	<p>App.: gfc</p>	<p>Rev. 01</p>
----------------------------	--	----------------------	--------------------



PIANO DI POSIZIONE DI DETTAGLIO (scala 1:1.000)



AREA DI INDAGINE (scala 1:20.000)



Ubicazione area di indagine



Traccia e sigla dei profili sismici



Ubicazione sondaggi geognostici

Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc
0.00	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc
	Prima edizione:	25-11-2019	ca
PRECISIONE:	INDAGINE: INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA		
Distanze:			
Quote:			
Profondità:			
Data: Novembre 2021	TITOLO: PIANO DI POSIZIONE		

TAVOLA N. 1  
Scala: VARIE

Archivio:  
2417/19

DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA:  
Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division



PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE,  
LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO



Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73

UBICAZIONE:

COMUNE DI CORTONA  
PROVINCIA DI AREZZO

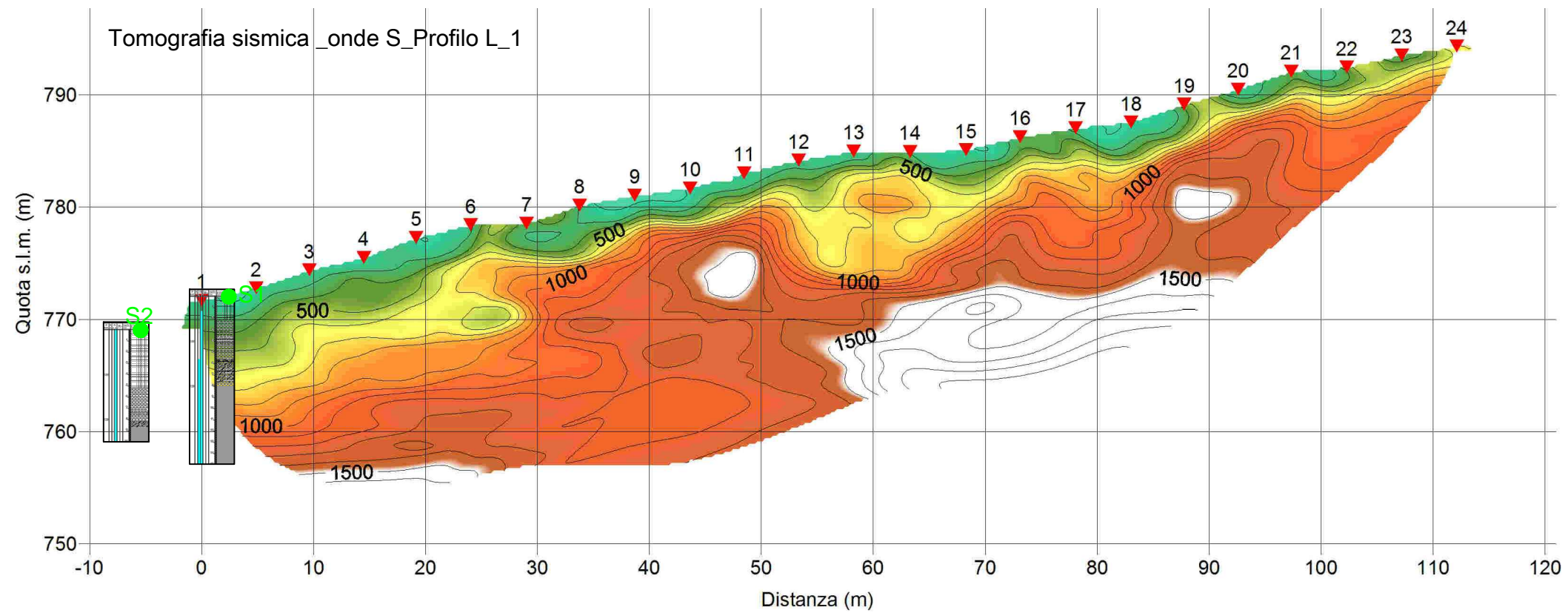
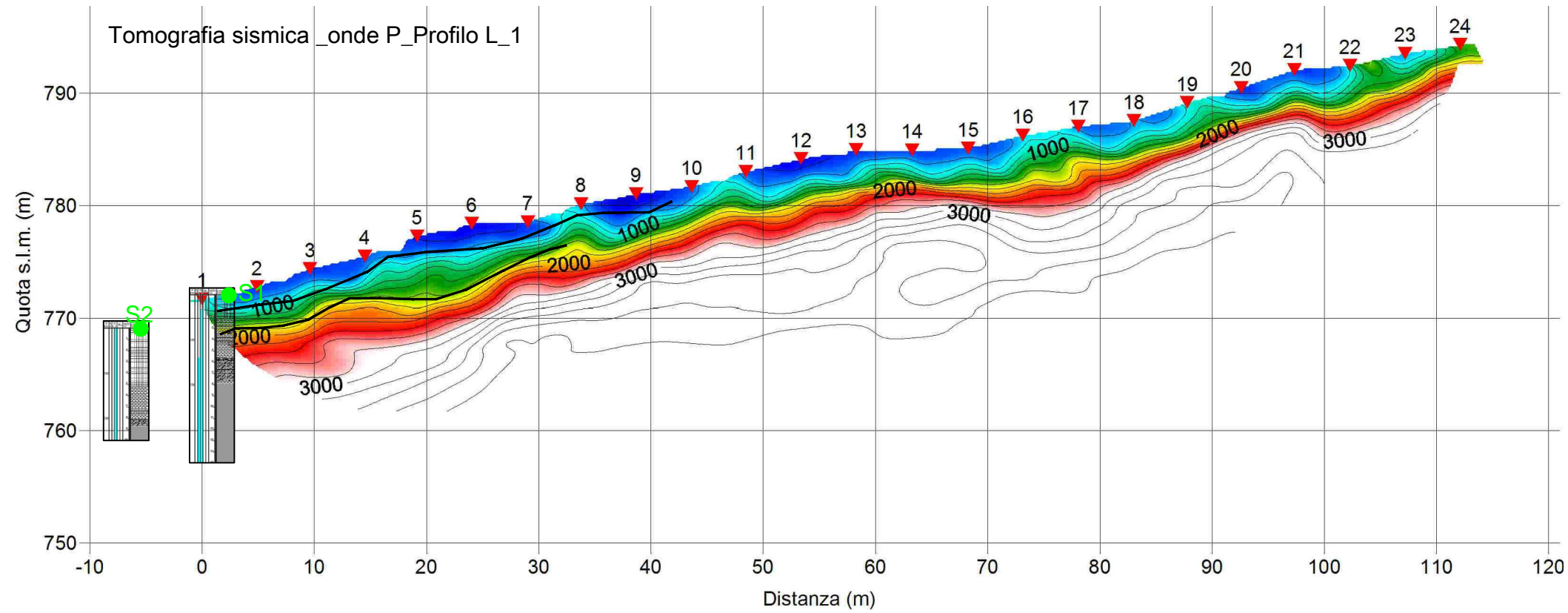
COMMITTENTE:



NUOVE ACQUE S.p.A.

Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo  
Tel.0575/321319 Fax 0575/320289

DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA:  
Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO

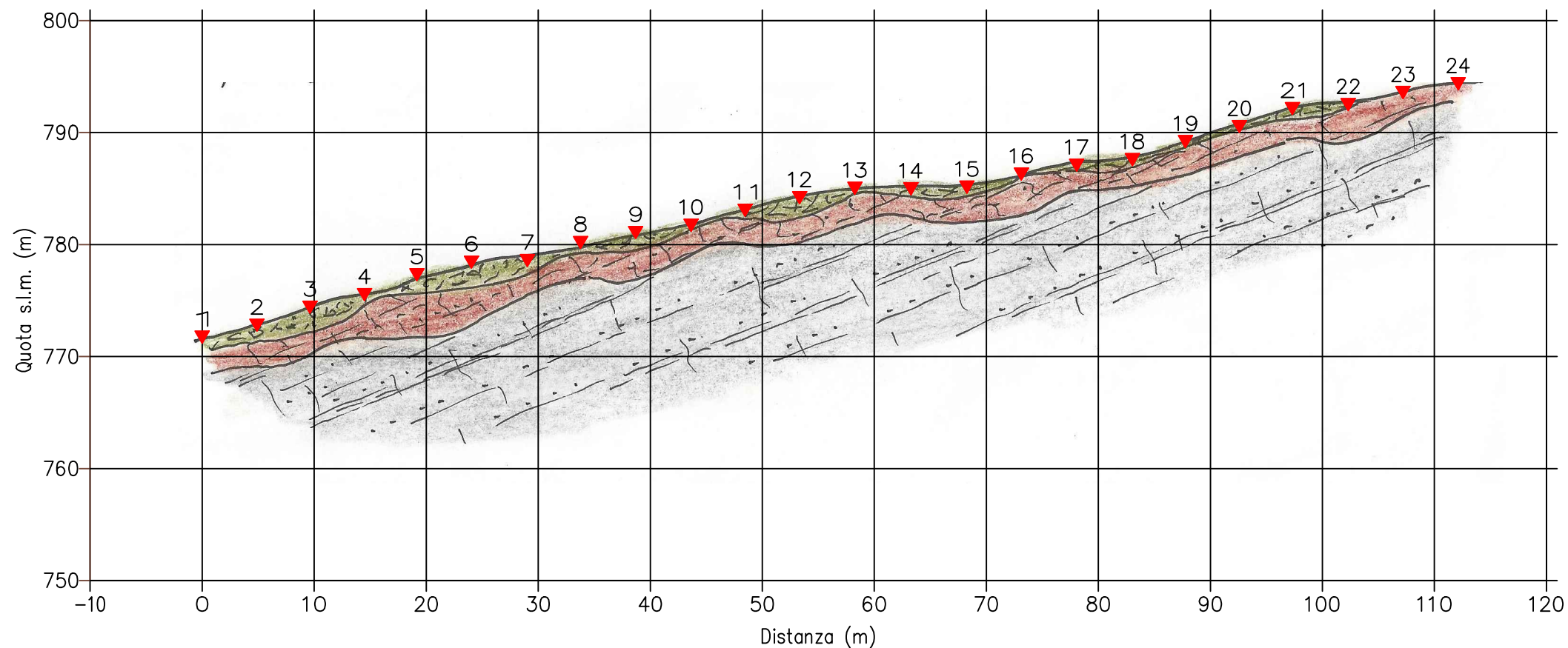


Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc
	Prima edizione:	25-11-2019	ca
PRECISIONE:	INDAGINE:		
Distanze:	INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA		
Quote:			
Profondità:			
Data:	TITOLO:		
Novembre 2021	TOMOGRAFIE SISMICHE PROFILO L_1		

TAVOLA N. 2 Scala: 1:500	UBICAZIONE:	COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO
	COMMITTENTE:	 <b>NUOVE ACQUE S.p.A.</b> Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo Tel.0575/321319 Fax 0575/320289
Archivio: 2417/19	DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA:	DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA:
	Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI	Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO
Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division		
 PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO		
Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73		

All Rights Reserved

Sezione interpretativa\_Profilo L\_1




LEGENDA SEZIONE INTERPRETATIVA



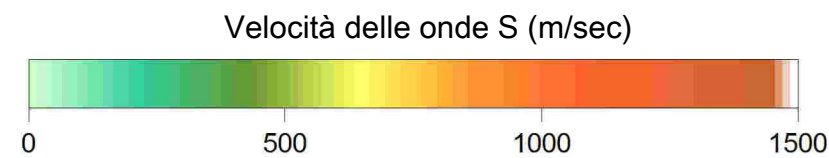
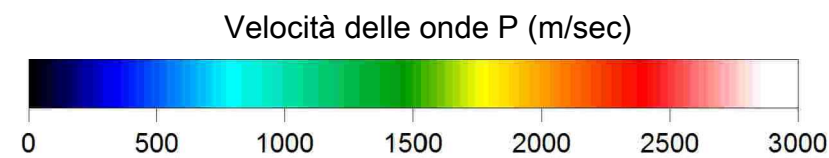
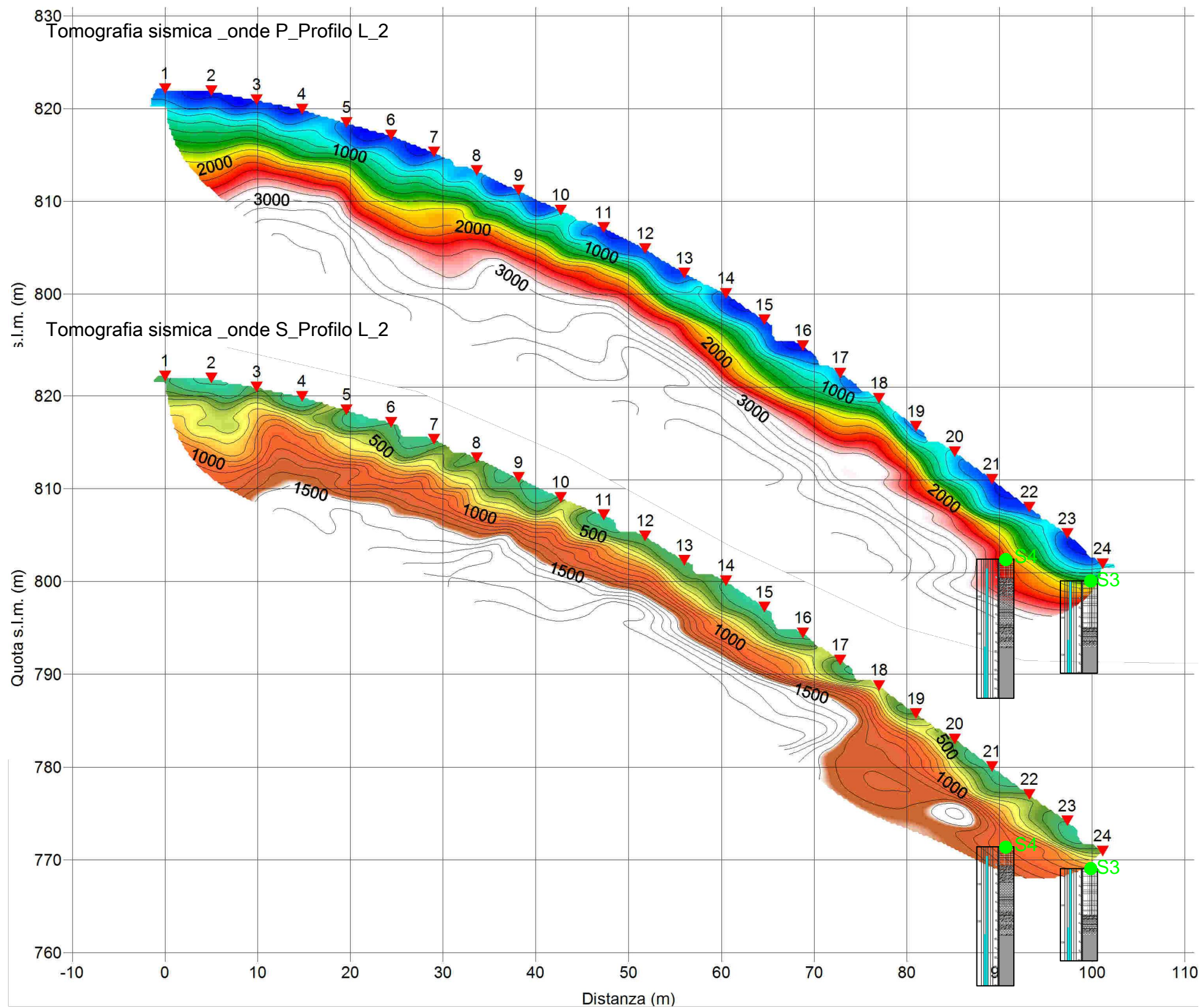
Suolo, coltre detritica e/o terreno di riporto



Alterazione del substrato

Substrato compatto

Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:	TAVOLA N. 3 Scala: 1:500	UBICAZIONE:	COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc		Archivio: 2417/19	COMMITTENTE:
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc	DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA:		DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA:
	Prima edizione:	25-11-2019	ca	Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI		Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO
PRECISIONE:	INDAGINE:			Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division		
Distanze:	INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA			 PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO		
Quote:						
Profondità:	TITOLO:			Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73		
Data: Novembre 2021	SEZIONE INTERPRETATIVA PROFILO L_1					

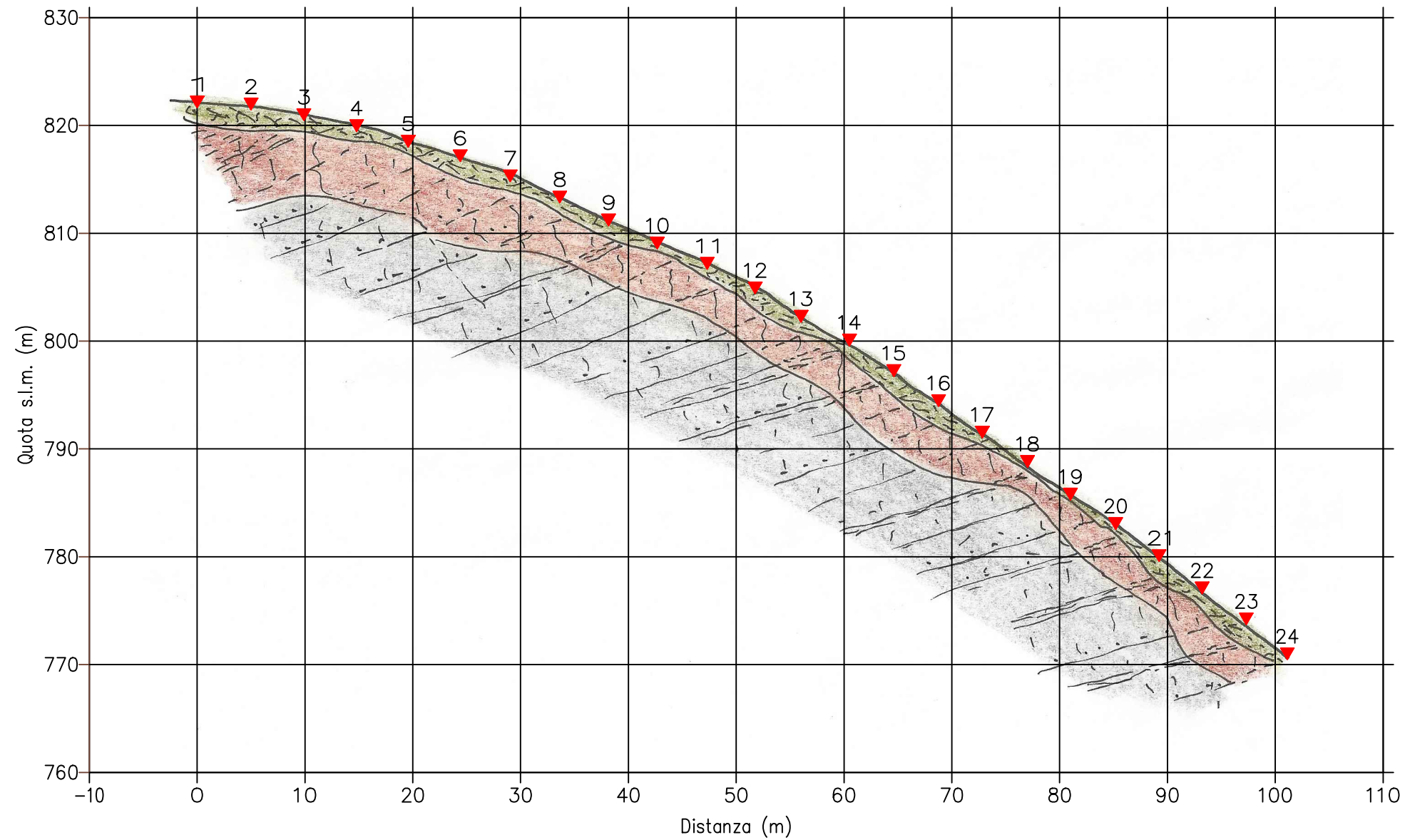
All Rights Reserved



Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:	TAVOLA N. 4 Scala: 1:500	UBICAZIONE:	COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc		Archivio: 2417/19	COMMITTENTE:
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc	DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI		DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA: Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO
	Prima edizione:	25-11-2019	ca	Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division		
PRECISIONE:	INDAGINE:	INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA			 	
Distanze:	TITOLO:					
Quote:		Data: Novembre 2021		Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73		
Profondità:						

All Rights Reserved

Sezione interpretativa\_Profilo L\_2





LEGENDA SEZIONE INTERPRETATIVA

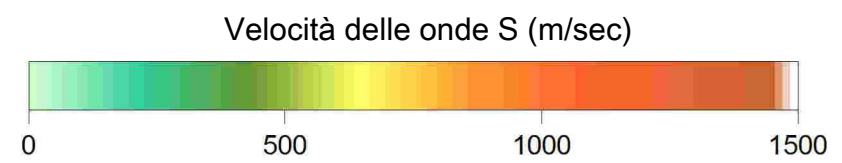
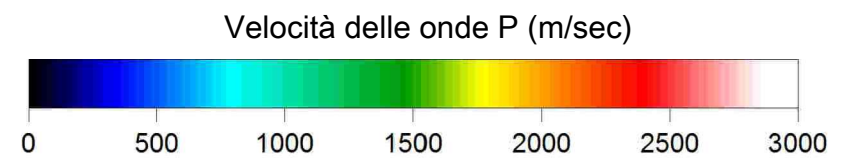
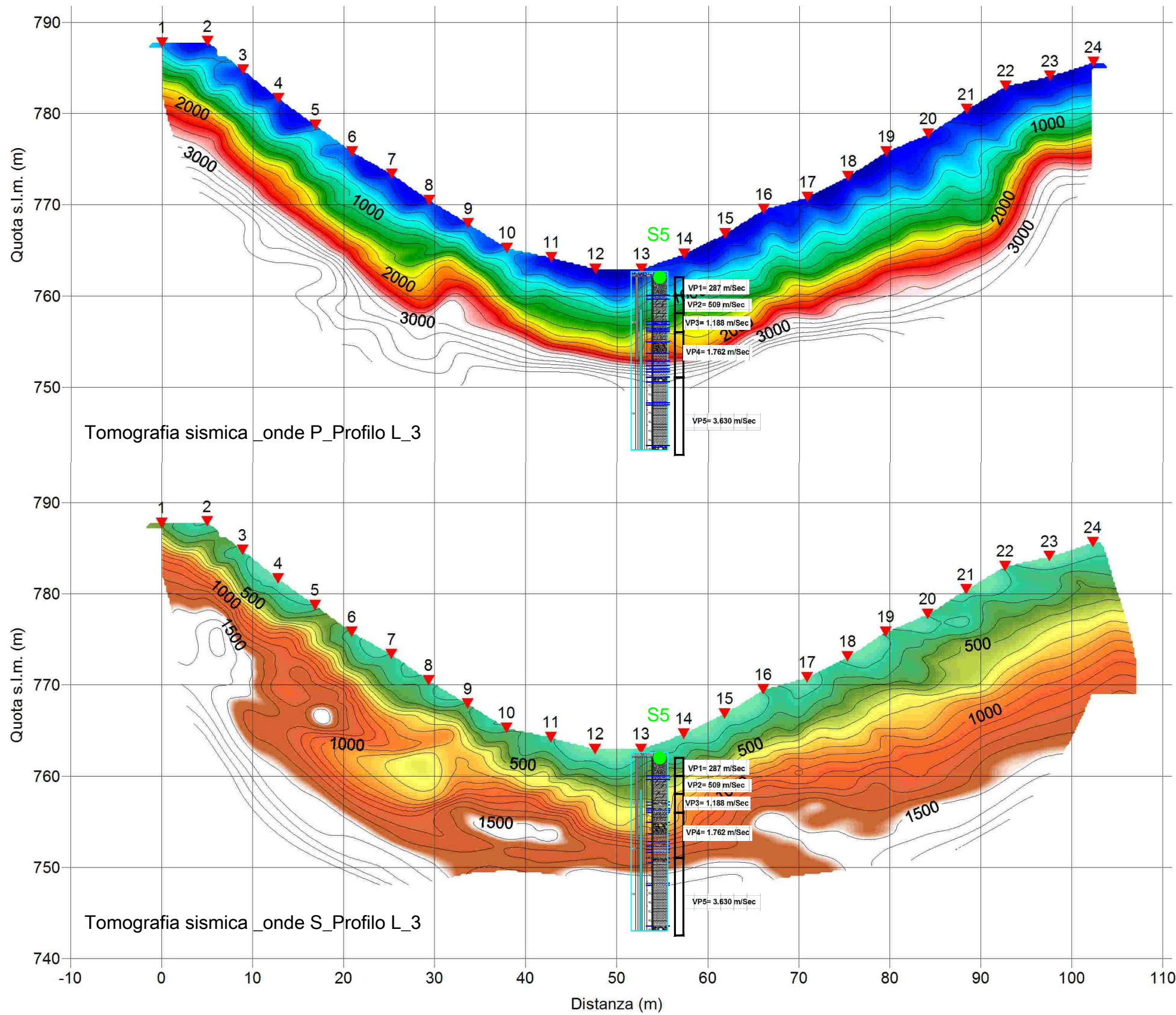


Suolo, coltre detritica e/o terreno di riporto

Alterazione del substrato

Substrato compatto

Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:	TAVOLA N. 5 Scala: 1:500	UBICAZIONE:	COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc		Archivio: 2417/19	COMMITTENTE:
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc	DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI		
	Prima edizione:	25-11-2019	ca	Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division		
PRECISIONE:	INDAGINE:			 PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO		
Distanze:	INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA					
Quote:	TITOLO:					
Profondità:	SEZIONE INTERPRETATIVA PROFILO L_2					
Data:				Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73		
Novembre 2021						



Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc
	Prima edizione:	25-11-2019	ca
PRECISIONE:	INDAGINE: INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA		
Distanze:			
Quote:			
Profondità:			
Data:	TITOLO: TOMOGRAFIE SISMICHE PROFILO L_3		
Novembre 2021			

TAVOLA N. 6  
Scala: 1:500

UBICAZIONE: COMUNE DI CORTONA  
PROVINCIA DI AREZZO

Archivio: 2417/19

COMMITTENTE: NUOVE ACQUE S.p.A.  
Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo  
Tel.0575/321319 Fax 0575/320289

DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI

DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA: Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO

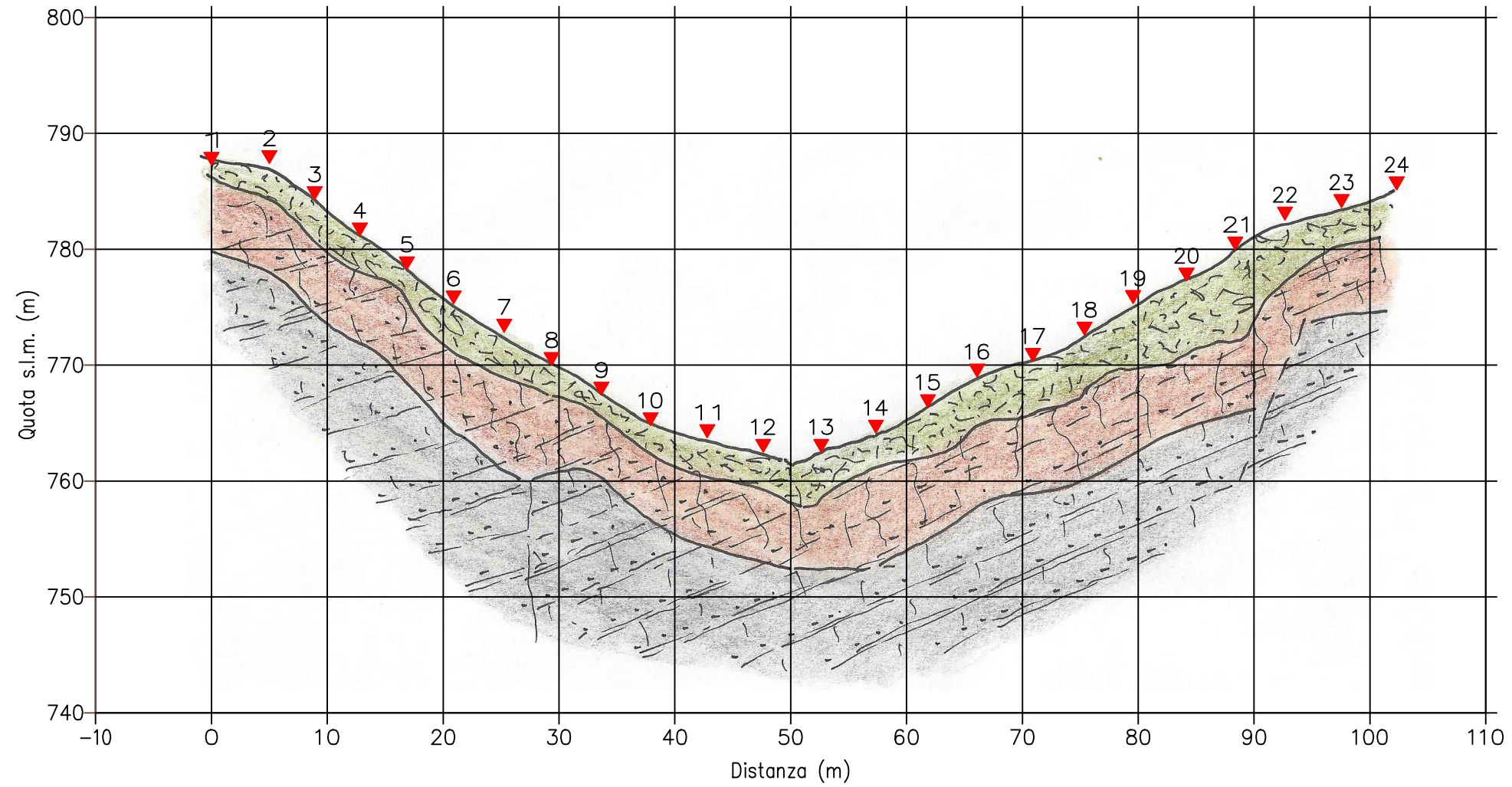
Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division

**GEORISORSE ITALIA** PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO




Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73



All Rights Reserved

Sezione interpretativa\_Profilo L\_3



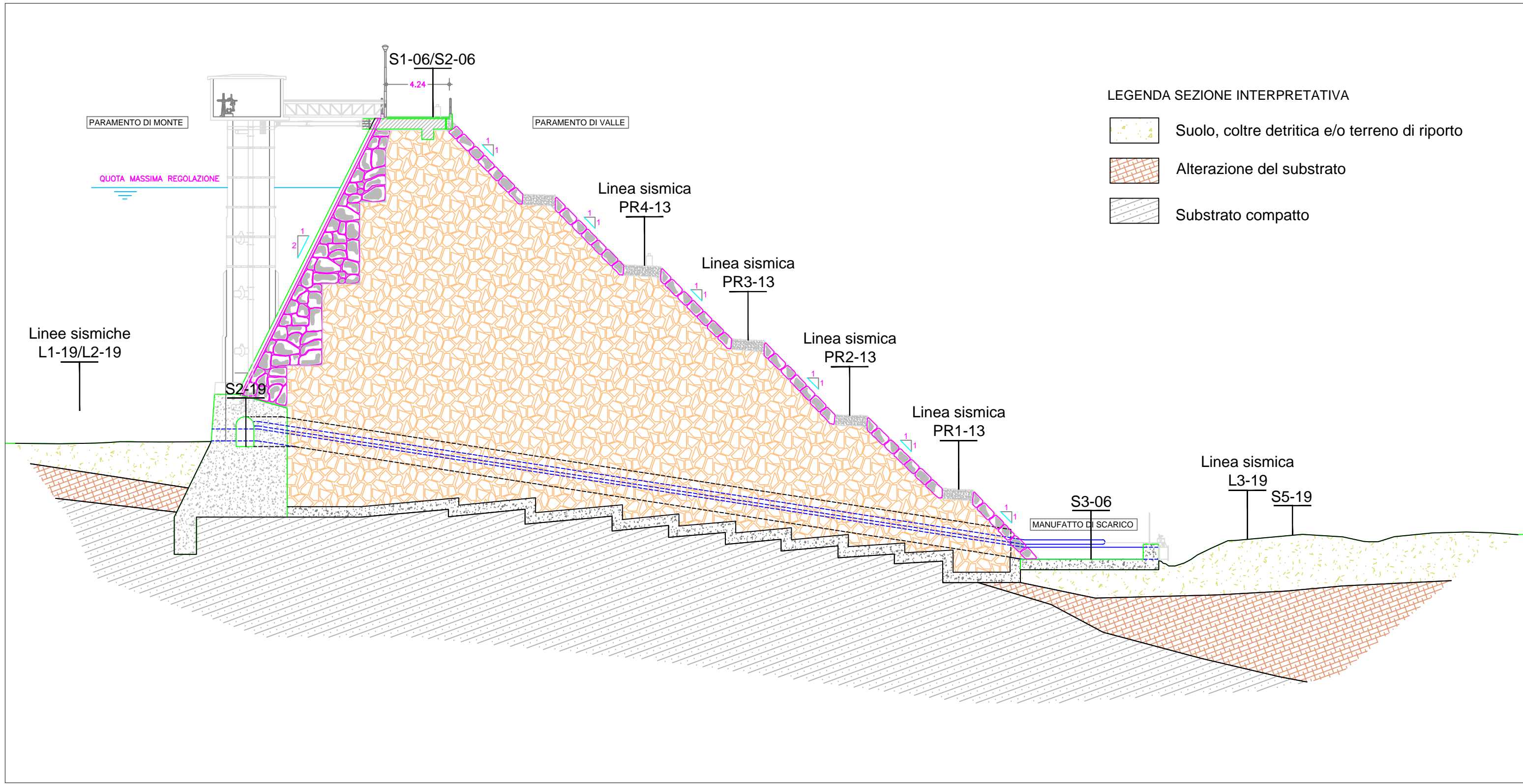
LEGENDA SEZIONE INTERPRETATIVA

-  Suolo, coltre detritica e/o terreno di riporto
-  Alterazione del substrato
-  Substrato compatto

Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:	TAVOLA N. 7 Scala: 1:500	UBICAZIONE:	COMUNE DI CORTONA PROVINCIA DI AREZZO
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc		Archivio: 2417/19	COMMITTENTE:
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc	DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA: Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI		DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA: Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO
	Prima edizione:	25-11-2019	ca	Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division		
PRECISIONE:	INDAGINE:	SEZIONE INTERPRETATIVA PROFILO L_3			 PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO	
Distanze:	INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA					
Quote:						
Profondità:	TITOLO:	Data: Novembre 2021		 Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73		

All Rights Reserved

Sezione interpretativa trasversale alla diga



Revisione:	Descrizione:	Data:	Firma:
0.00	Aggiunta tavola 8	03-11-2021	gfc
	Edizione finale post commenti	27-04-2020	gfc
	Prima edizione:	25-11-2019	ca
PRECISIONE:	INDAGINE: INDAGINE GEOFISICA MULTIMETODOLOGICA PER IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA DELLA DIGA DI CERVENTOSA		
Distanze:			
Quote:			
Profondità:			
Data: Novembre 2021	TITOLO: SEZIONE INTERPRETATIVA TRASVERSALE ALLA DIGA		

**TAVOLA N. 8**  
Scala: 1:250

UBICAZIONE: **COMUNE DI CORTONA**  
**PROVINCIA DI AREZZO**

COMMITTENTE: **NUOVE ACQUE S.p.A.**  
Loc. Poggio Cuculo, Patrignone 52100 Arezzo  
Tel.0575/321319 Fax 0575/320289

DIREZIONE INDAGINE GEOFISICA:  
**Dott. Geol. GIANFRANCO CENSINI**

DIREZIONE INDAGINE GEOLOGICA:  
**Dott. Geol. FRANCESCO RUSSOTTO**

Data Processing: Dr Geol. GIANFRANCO CENSINI - Associated to: European Association of Geoscientists & Engineers - Geophysical Division

**GEORISORSE ITALIA** PROSPEZIONI GEOFISICHE PER L'ESPLORAZIONE, LO STUDIO E LA CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

Via E. Fermi, 8 53048 SINALUNGA (SI) - ITALY Tel-Fax +39.0577.67.99.73

All Rights Reserved