

# Realizzazione di centrale idroelettrica ad acqua fluente su fiume Elsa.

Procedimento A.U.E. art.12 D. Lgs.387/03 e LR 39/05

## Relazione Geologica



### Loc. Granaio – Castelfiorentino (FI) Fiume Elsa

Committenza:

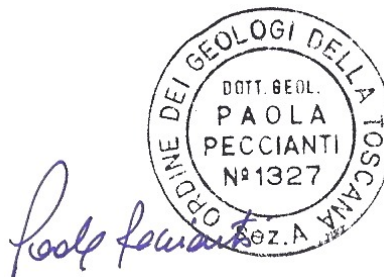
**MERS s.a.s.**

Via A. Pacinotti 6/A

Santa Croce S/Arno

Tecnico:

**Geol. Paola Peccianti**



Lucca, Gennaio 2017

Dott. Geol. Paola Peccianti



## INDICE

1. - PREMESSA E DATI DI PROGETTO .....	2
1.1 – Quadro normativo .....	3
2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	5
2.1 – Stato dei luoghi .....	5
2.2 – Geologia e geomorfologia di dettaglio .....	7
2.3 - Idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero.....	8
2.4 - Idrografia.....	9
2.5 – Ambiti fluviali e Vincoli .....	10
2.6 – Punti di captazione idrica idropotabile .....	11
3. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO LO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE .....	12
3.1. – Pericolosità Idraulica.....	12
3.2. – Pericolosità Geomorfologica .....	14
4. – VINCOLI SOVRAORDINATI .....	14
4.1. – Pericolosità Geomorfologica (Autorità di Bacino Fiume Arno).....	14
4.2. – Pericolosità Idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno).....	14
4.3. – Piano Gestione Rischio Alluvioni (Autorità di Bacino Fiume Arno).....	15
4.4. – Valutazioni in merito alla LR 21/2012 .....	16
4.4 - Bilancio Idrico .....	17
5. – INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA DI MASSIMA .....	19
5.1 – Indagini in situ.....	19
5.2.1 – Penetrometrie statiche CPT .....	19
5.2.2 – Indagine sismica Masw .....	19
5.2.3. – Misura di microtremore H/V .....	20
6. – STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	21
6.1 – Stratigrafia loc. Granaiole (Comune di Castelfiorentino).....	21
6.2 – Valutazione dei parametri caratteristici .....	21
7. - VALUTAZIONI DI CARATTERE SISMICO .....	22
7.1 - Quadro normativo in materia antisismica della Regione Toscana.....	22
7.2 - Sismicità del sito .....	24
7.3. – Caratterizzazione superficie topografica.....	28
7.4 – Categoria del suolo di fondazione.....	28
7.5. – Parametri e coefficienti sismici.....	28
7.5.1. – Sito locale cabina Enel.....	28
7.5.2. – Sito locale turbina/canale di carico/scarico .....	31
7.6 – Suscettibilità alla liquefazione .....	33
8. – CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA E IMPATTI ATTESI .....	35
9 – CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA PRODUZIONE DI TERRE E ROCCE DA SCAVO .....	36
BIBLIOGRAFIA.....	41

## FIGURE

- FIG. 1 - COROGRAFIA
- FIG. 2 - CARTA GEOLOGICA (CARG REGIONE TOSCANA)
- FIG. 3 A- PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITU
- FIG. 3 B - SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE
- FIG. 4 – CARTA DEI VINCOLI DI PIANO (RU CASTELFIORENTINO)
- FIG. 5 – CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO (GEOSCOPIO)
- FIG. 6- CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (PS CASTELFIORENTINO)
- FIG. 7 - CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA (PS CASTELFIORENTINO)
- FIG. 8 – AREE ACON PERICOLOSITA' DA FRANA (PAI ARNO)
- FIG. 9 – CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE (PIANO SRALCIO RISCHIO IDRAULICO BACINO ARNO)
- FIG. 10 – CARTA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (PIANO SRALCIO RISCHIO IDRAULICO BACINO ARNO)
- FIG. 11 - CARTA DELLE AREE DI PERTINENZA FLUVIALE DELL'ARNO E DEI SUOI AFFLUENTI (PIANO SRALCIO RISCHIO IDRAULICO BACINO ARNO)
- FIG. 12- CARTA DELLA PERICOLSITA' IDRAULICA (PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI – BACINO ARNO)

## ALLEGATI

### ALL. 1: INDAGINI IN SITU:

- PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT1)
- INDAGINE SISMICA MASW;
- MISURA DI RUMORE HVSR

## 1. - PREMESSA E DATI DI PROGETTO

Per incarico di MERS S.A.S, è stata redatta la seguente relazione geologica inerente il progetto di realizzazione di una centrale idroelettrica, lungo il Fiume Elsa, in loc. Granaiole, nel territorio comunale di Castelfiorentino (FI).

Si fa presente che per il suddetto progetto è stato attivato e concluso l'iter procedurale presso la Regione Toscana, sezione Ambiente, in merito alla verifica di assoggettabilità a VIA.

Il progetto, dopo la verifica di assoggettabilità a VIA, è stato escluso dalla procedura di VIA con Decreto della Regione Toscana n° 14295 del 23/12/2016 con alcune prescrizioni che devono essere discusse e risolte in sede di procedura di Autorizzazione Unica.

L'intervento si ubica all'interno dello stralcio CTR 274160, in sponda destra del Fiume Elsa. L'ubicazione del sito in studio è riportata in Fig. 1.



Il presente progetto, per i cui dettagli si rimanda agli elaborati grafici e alle relazioni tecniche a firma dei progettisti geom. F. Scarpellini e ing. R. Simoni, prevede la realizzazione di un canale di adduzione, un locale turbina e un canale di scarico.

L'impianto in progetto avrà l'opera di presa e restituzione fisicamente non distinte (destra idraulica), in quanto il prelievo verrà eseguito subito a monte della briglia ed il rilascio subito a valle della briglia medesima.



Il progetto proposto, come accennato, avrà tutte le opere in cemento armato ed il macchinario idroelettrico completamente interrato. Fuori terra, in area protetta dalle esondazioni, sarà realizzato un manufatto di consegna alla rete Enel e misura dell'energia idroelettrica prodotta. Le aperture, a chiusura ermetica per consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza, saranno eseguite sulle coperture del locale macchine per il passaggio delle stesse in fase di installazione e/o manutenzione (vedi immagine aerea).

In sponda sinistra sarà realizzata la scala di risalita dei pesci quale intervento mitigativo all'interno del progetto di realizzazione di un nuovo impianto idroelettrico.

Per la caratterizzazione generale dell'area si è fatto riferimento alle cartografie a corredo dello strumento urbanistico vigente oltre che a quelle facenti parte dei Piani Stralcio del Bacino di Fiume Arno (Piano di Assetto Idrogeologico, Piano Rischio Idraulico; Piano Bilancio Idrico, Piano di gestione Rischio Alluvioni), mentre per l'identificazione del quadro geologico-tecnico di massima è stata condotta una campagna geognostica con indagini volte alla caratterizzazione geotecnica dei terreni, così da fornire al Progettista strutturale, in fase di progettazione esecutiva, i parametri necessari ad una corretta programmazione ed esecuzione, in condizioni di sicurezza, degli interventi previsti.

La campagna geognostica di cui sopra ha visto l'esecuzione di n.1 prova penetrometrica statica (CPT), n. 1 indagine sismica Masw, ed n. 1 misura a microtremore (HVSR), di cui si parlerà più dettagliatamente al successivo paragrafo § 5.0. e Allegato 1.

### *1.1 – Quadro normativo*

L'elaborazione della presente relazione è stata inoltre svolta in ottemperanza a quanto disposto dalle seguenti normative nazionali e regionali:

- R.D. n.1775 del 1923 "Utilizzazione di acque pubbliche";
- D.lgs. n° 152 del 03-04-2006 "Norme in materia di Ambiente" e s.m.i.
- L.R. 21/07/1995, n. 81 – Norme di attuazione L. 05/01/1994, n. 36: "Disposizioni in materia di risorse idriche",
- PIT, DCRT n. 12 del 25/01/2000 Piano di Indirizzo Territoriale.
- PIT - D.P.R.T. n. 45 04/04/2007 Piano di Indirizzo Territoriale, approvato con Delibera 72/07 del 24/07/07, pubblicato sul BURT n.42 del 17/10/07.
- Piano di indirizzo territoriale con valenza di piano paesaggistico "Proposta di deliberazione al C.R. n.1 del 17-01-2014";
- Piano di Bacino del Fiume Arno – Progetto di Piano, stralcio "Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 6 maggio 2005;
- Direttiva Alluvioni (2007/60/CE);
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del fiume Arno (PGRA), approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016.
- LR n.21 del 21 Maggio 2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua";
- Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. n. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25.10.2011, n. 53/R).
- OPCM n. 3907 del 13.11.2010;
- OPCM 4007/2012, che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dall'Art. 11 della Legge n. 77 del 24/06/2009.
- LR n. 58/2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;

- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006";
- D.G.R.T. n. 421/2014 "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 878/2012";
- Decreto Ministeriale 14/01/2008 - Testo unitario Norme Tecniche per le Costruzioni (S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008 n. 29).
- Consiglio Superiore per i Lavori Pubblici - Istruzione per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 Gennaio 2008. Circolare n. 617 del 2009.
- Decreto del Presidente della Giunta Regionale 9 luglio 2009, n. 36/R. Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico (Bollettino Ufficiale n. 25, parte prima, del 17/07/2009).
- L.R. n. 10/2010 e s.m.i. (Norme in materia di valutazione ambientale strategica /VAS), valutazione di impatto ambientale (VIA) e di valutazione di incidenza (VI).
- L.R. n. 65/2014 (Norme per il governo del territorio)
- L.R. n. 39 del 21.03.2000 e s.m.i. Legge forestale della Toscana,
- Regolamento Regionale n. 48/R del 08.08.2003 e s.m.i..

In particolare, nella presente Relazione Tecnica, s'illustra la geologia e l'idrogeologia dell'area indagata, la stratigrafia di massima dei terreni presenti e le relative caratteristiche geomeccaniche; si fa presente inoltre che i rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio, eseguiti direttamente in fase di sopralluogo, sono stati integrati con i dati reperiti dagli strumenti urbanistici comunali e dati bibliografici.

## 2. – MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 2.1 – Stato dei luoghi

Il sito in oggetto si ubica in sponda destra del Fiume Elsa, ad una quota di circa 41 metri s.l.m. ed è ubicato in una zona completamente pianeggiante con vegetazione di tipo ripariale proprio sulla sponda del Fiume Elsa.

Sempre in sponda destra è presente un vecchio canale che derivava acqua del fiume verso il Molino di Granaiole, ormai in disuso da tempo.

La restituzione avveniva più a valle grazie ad un canale attualmente ricoperto parzialmente da materiale terroso; la briglia si trova in buono stato di conservazione.



*Vista della Briglia attuale in loc. Granaiole (sponda destra)*





*Vegetazione ripariale in sponda destra a Granaiolo e vista del vecchio canale*

La morfologia dei luoghi è quella tipica di una pianura alluvionale con struttura del fiume meandri forme circondata da una vegetazione di tipo ripariale.

Il sito fa parte del “territorio aperto” del Comune di Castelfiorentino; la morfologia, sia a monte che a valle della briglia, presenta pendenze medie inferiori a 10% ; la vegetazione è di tipo ripariale essenzialmente lungo le sponde mentre subito fuori dall’ambito di alveo sono presenti seminativi vari.



## 2.2 – Geologia e geomorfologia di dettaglio

La Valdelsa è una tipica valle tettonica causata dall'instaurarsi di una tettonica distensiva dopo la fine della fase parossistica dell'orogenesi appenninica (Tortoniano–Miocene sup.) caratterizzata da un regime tettonico di tipo compressivo.

Questa fase di tipo distensivo ha creato due sistemi principali di lineazioni tettoniche grosso modo perpendicolari: la prima con direzione NE-SW, la seconda con direzione NW-SE. Dalla fine del Miocene in poi si sono formate quindi gradinate di faglie dirette, probabilmente di tipo listrico, che hanno formato quelle depressioni che durante il Pliocene ed il Pleistocene sono state la sede di una potente sedimentazione marina a causa delle ripetute trasgressioni dovute alla combinazione di movimenti tettonici e di oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare.

In Valdelsa le formazioni plioceniche affiorano sulle colline dove le argille azzurre, con le loro tipiche forme di erosione, i calanchi, sono visibili fin quasi dalla confluenza della valle nel Valdarno inferiore.

I versanti che delimitano la valle del Fiume Elsa e dei corsi d'acqua secondari sono caratterizzati dall'affioramento di tali depositi argillo-limosi di colore grigio-azzurro a composizione piuttosto omogenea, intercalati, alle quote altimetriche più alte, a sedimenti a tessitura che passa dalle argille alle sabbie limose di colore giallastro, sede di acquiferi confinati di buona produttività.

I depositi pliocenici costituiscono il substrato dei sedimenti alluvionali recenti ed attuali (Quaternario) che affiorano lungo il fondovalle del Fiume Elsa e dai rii e fossi minori, depositi dagli stessi corsi d'acqua durante le loro innumerevoli divagazioni ed esondazioni.

Il sito in oggetto in particolare è caratterizzato da depositi alluvionali di età quaternaria (b), che giacciono al di sopra dei depositi più antichi, di età pliocenica (bnb-bn2), che formano l'ossatura delle zone collinari, a Ovest della zona in studio (Fig.2).

Sulle colline contermini la zona in oggetto, sono presenti formazioni che, partendo dai termini più antichi, possono essere così descritte:

### DEPOSITI MARINO E MARINI TRANSIZIONALI DEL BACINO DELL'ELSA –PESA-CERRETO GUIDI

**Argille azzurre di facies marina (FAA):** Argille ed argille limose grigio azzurre massicce con abbondanti fossili, di ambiente marino relativamente profondo. All'intero presentano intercalazioni discontinue di sabbie fini più o meno limose che aumentano nella porzioni superiori della successione, con lesti di molluschi (FAA e). Età: Piacenziano.

**Argille e sabbie di cerreto Guidi (ACO):** Litologia: argille ed argille limo-sabbiose ("ACO") sia di piana deltizia che di ambiente di mare profondo, con intercalazioni di sabbie a sabbie argillose ("ACO1"), passanti a ghiaie e ghiaie sabbiose ("ACO2")

Spessore: variabile e lenticolare. Ogni orizzonte sabbioso può comunque variare da pochi metri a oltre la decina, con bruschi ispessimenti o riduzioni.

Nelle ACO2 i ciottoli sono arrotondati, più o meno cementati ad elementi poligenici ma prevalentemente calcarei, immersi in matrice limoso-sabbiosa fine. Sono presenti alternanze metriche con banchi di sabbia.

Spessore: variabile, gli orizzonti presentano lo stesso comportamento descritto per le sabbie plioceniche di cui sono il passaggio laterale di facies. Età: Pliocene inferiore-medio.

### DEPOSITI QUATERNARI

**Sedimenti alluvionali terrazzati (bn2-bnb):** Litologia: lembi di alluvioni terrazzate del ciclo alluvionale dell'Elsa costituiti da depositi sabbiosi e sabbioso-limosi, con rari livelli di ghiaie centimetri che di composizione generalmente poligenica, costituenti le zone di raccordo tra i versanti e l'attuale piana alluvionale. Età: Pleistocene sup. - Olocene.

**Sedimenti alluvionali (b):** affioranti nella zona in studio. Si tratta di Alluvioni attuali e recenti, non terrazzate dell'Elsa e degli affluenti minori. Formano la pianura che occupa gran parte della superficie del territorio comunale.

Essenzialmente si tratterebbe di ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione poligenica. . Età: Olocene

**Depositi detritici (aa) :** Accumuli eterogei ed etero metrici composti da ciottoli, sabbie e limi-sabbiosi. Età: Olocene

**Depositi antropici (h5) :** Accumuli di materiale più o meno eterogenei ed eterometrici riferibili a inerti, scarti di cava, terrapieni e rilevati di origine antropica.

Dal punto di vista geomorfologico, trattandosi di un ambito di pianura, non si ha l'evidenza di forme derivanti da processi geomorfologici di tipo gravitativo né si osservano indizi di fenomeni precursori di fenomeni di dissesto.

### *2.3 - Idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero*

La differenziazione morfologica e geologica tra zona collinare e zona di pianura riflette anche una differenziazione nelle caratteristiche idrogeologiche dei due ambienti: il sistema acquifero di pianura e quello di collina.

In Valdelsa le formazioni plioceniche affiorano sulle colline anche se, in effetti, le argille azzurre, con le loro tipiche forme di erosione, i calanchi, sono visibili fin quasi dalla confluenza della valle nel Valdarno inferiore. Il fondovalle, invece, è stato riempito dai depositi quaternari, ovvero le alluvioni del fiume Elsa e dei suoi affluenti.

Le alluvioni sono, quindi, deposte su di un substrato formato da argille più o meno sabbiose, di età pliocenica e sono presenti due distinti complessi acquiferi:

- un acquifero costituito da ghiaie più o meno sabbiose, appartenenti al ciclo alluvionale dell'Elsa. Il tetto dell'acquifero si incontra a profondità variabili tra 15,0 e 20,0 metri dal piano campagna, e lo spessore delle ghiaie è relativamente costante, con campo di variazione compreso fra 3,0 e 6,0 metri. Lo spessore è minimo dove, per passaggio laterale di facies, la sezione sommitale è costituita da sabbie. L'acquifero è di tipo confinato: l'alimentazione avviene più a monte ed è probabilmente legata all'infiltrazione delle acque dell'Elsa e dei suoi affluenti nelle zone dove l'acquifero è freatico e a contatto diretto con il deflusso superficiale. Si può ritenere che l'Elsa ricarichi direttamente la falda solo nella zona di Poggibosi con un contributo importante dalle alluvioni dello Staggia. Altri contributi sono ricollegabili alla falda delle alluvioni Agliena-Casciani e a scambi idrici con livelli ghiaiosi pliocenici. Nella porzione più superficiale del sottosuolo, fra il piano campagna e la profondità massima di 1-11 metri, è inoltre presente un acquifero di tipo semi-freatico costituito da depositi alluvionali a granulometria fine (sabbie limose e limi sabbiosi) e permeabilità relativa bassa.

- un complesso di falde acquifere ghiaiose, contenute nella potente serie argillosa del Pliocene. Si tratta di più livelli di spessore unitario variabile tra 3,0 e 8,0 metri, presenti a profondità comprese tra 75,0 e 270,0 metri. In base ai dati noti in altre zone, dove sono stati realizzati pozzi profondi nelle falde di Pliocene, la qualità chimica dell'acqua è mediocre.

La ricostruzione della piezometria dell'acquifero alluvionale, realizzata nel marzo 1995, ha evidenziato che la falda defluisce da monte verso valle secondo un gradiente pari a circa  $6 \times 10^{-3}$ ; gradiente che, invece, risulta minore nei pozzi posti più a valle (circa  $2 \times 10^{-3}$ ).

L'acquifero superficiale è caratterizzato da un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile. E' generalmente freatico, ma localmente può assumere caratteristiche di confinamento. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta della pioggia anche dalla ricarica da parte dei

corsi d'acqua limitrofi e dagli apporti degli acquiferi di collina. Il livello della falda superficiale contenuta nei depositi alluvionali limoso-sabbiosi e ghiaiosi, dai dati a disposizione, si attesta alla profondità di circa 3-6 m da p.c., come confermato dal livello rilevato all'interno del perforo della prova penetrometrica in data 30 Maggio 2014. E' bene sviluppato nei tratti dell'antico corso dei fiumi, dove prevalgono i depositi più grossolani.

Non esiste, a corredo degli strumenti urbanistici vigenti nel Comune di Castelfiorentino, una cartografia dell'andamento piezometrico dell'area ma in analogia con zone limitrofe, si ritiene che sia il Fiume Elsa ad alimentare la falda superficiale e che la direzione di flusso della falda sia parallela al corso d'acqua, da SudEst a NordOvest.

La mappa della vulnerabilità degli acquiferi del PTC della Provincia di Firenze (1998) attribuisce alla formazione delle "alluvioni attuali e recenti" una classe di "vulnerabilità elevata", "corrispondente ad un acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti), senza o con scarsa protezione, in cui la superficie della falda idrica è localmente al di sotto del livello di base dei fiumi vicini (rialimentazione indotta). L'unità comprende aree in cui è presente una falda idrica a modesta profondità, con un limitato spessore di terreno di copertura....".

In merito alla vulnerabilità dell'acquifero, si fa presente che le operazioni di scavo (realizzazioni canali e locale centralina) verranno eseguite quasi completamente con l'ausilio di palancole infisse per almeno 10-12 metri dal piano campagna, con successivo abbassamento del livello di falda mediante well-point, tale sistema eviterà l'interferenza con il sistema dell'acquifero profondo.

Per ridurre al minimo eventuali rischi durante la fase di cantiere, sarà valutata una oculata organizzazione del cantiere stesso, che prevedrà le operazioni più a rischio in aree appositamente organizzate.

Le valutazioni più specifiche in merito saranno fatte in sede di progetto esecutivo.

## *2.4 - Idrografia*

Dal punto di vista idrografico il Fiume Elsa è lungo 63 km. Nasce dalla Montagnola senese nel comune di Sovicille (a ovest di Siena), da alcune sorgenti nei pressi della pieve di Molli. Percorre l'omonima Valdelsa da sud a nord e, dopo aver bagnato i centri abitati di Colle di Val d'Elsa, Poggibonsi, Certaldo e Castelfiorentino, si getta nell'Arno al confine tra la provincia di Firenze e quella di Pisa tra le località di Marcignana, nel comune di (Empoli), e Isola (San Miniato). Il fiume è caratterizzato da una accentuata salinità che gli deriva dalla presenza di solfato e di calcio dovuti ai minerali gessosi e calcarei presenti lungo il suo corso.

Il primo tratto, alimentato quasi esclusivamente dalle acque piovane, scorre attraverso il Piano della Speranza ed il Pian dell'Olmينو, nei comuni di Casole d'Elsa e di Colle Val d'Elsa e viene comunemente chiamato Elsa morta. Riceve quindi le acque che provengono dal Botro degli Strulli, che scende da Mensanello, e di quelle che provengono dalle Caldane. Le Caldane, situate poco prima di Gracciano, sono sorgenti di acqua tiepida, conosciute fino dall'antichità per le loro proprietà terapeutiche.

A Oinci, nei pressi di Gracciano, l'Elsa diventa finalmente Viva per l'afflusso delle acque provenienti dalle Vene che fornivano forza motrice a mulini e cartiere.

Il fiume oltrepassa quindi Colle Val d'Elsa. Nei pressi di Poggibonsi, riceve le acque dello Staggia, del Foci e del Drove. Oltrepassa quindi la pescaia di Ugnano e giunge velocemente nei comuni di Barberino Val d'Elsa e di Certaldo, ricevendo gli affluenti Avane, Zambra, Casciani e Agliena. L'Elsa prosegue quindi la sua corsa ricevendo l'apporto del Pesciola, del Rio Petroso e del Rio del Vallone, fino a giungere a Castelfiorentino e accogliere le acque del Lama. L'Elsa arriva quindi alla pescaia della Dogana, un tempo al confine tra Firenze e San Miniato, ed ai Renai, dove un tempo si estraeva la rena la sabbia e la ghiaia e meta

di bagni estivi. Il fiume prosegue quindi il suo corso costeggiando la ferrovia e, dopo Cambiano, arriva a Granaiole. Dopo Brusiana si arriva a Ponte a Elsa, frazione al confine dei comuni di Empoli e San Miniato e quindi, nei pressi di Marcignana, le acque dell'Elsa trovano il loro sbocco in quelle notevolmente più copiose dell'Arno.

## 2.5 – Ambiti fluviali e Vincoli

Ai sensi della DCR n.12 del 2000 e della più recente DCR n.74 del 2007 (P.I.T.), il Fiume Elsa risulta classificato, nell'Allegato n. 4 e Allegato A, Elaborato 2 del P.I.T. vigente, con il codice FI 718.

Nel dettaglio, ai sensi del PIT 2005-2010, approvato con Delibera n.72 del 2007, il Fiume Elsa ricade tra i "corsi d'acqua rilevanti", ad oggi ridefinito "Ambito "A" – delimitazione dei corsi d'acqua di cui all'elenco del D.C.R.T. n.72 del 24 Luglio 2007 (Allegato n. 4 del QC del PIT 2005-2010), corrispondente alle fasce di 10 metri di larghezza dal corso d'acqua (art.36 comma 3.).

*"nelle fasce di 10 metri di larghezza non si devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di m.10 dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del presente piano come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute". La prescrizione di cui al comma 3 non si riferisce alle opere idrauliche, alle opere di attraversamento del corso d'acqua, agli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché agli adeguamenti di infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico relativamente alla natura dell'intervento ed al contesto territoriale e si consenta comunque il miglioramento dell'accessibilità al corso d'acqua stesso.*

5. Sono fatte salve dalla prescrizione di cui al comma 3 le opere infrastrutturali che non prevedano l'attraversamento del corso d'acqua e che soddisfino le seguenti condizioni:

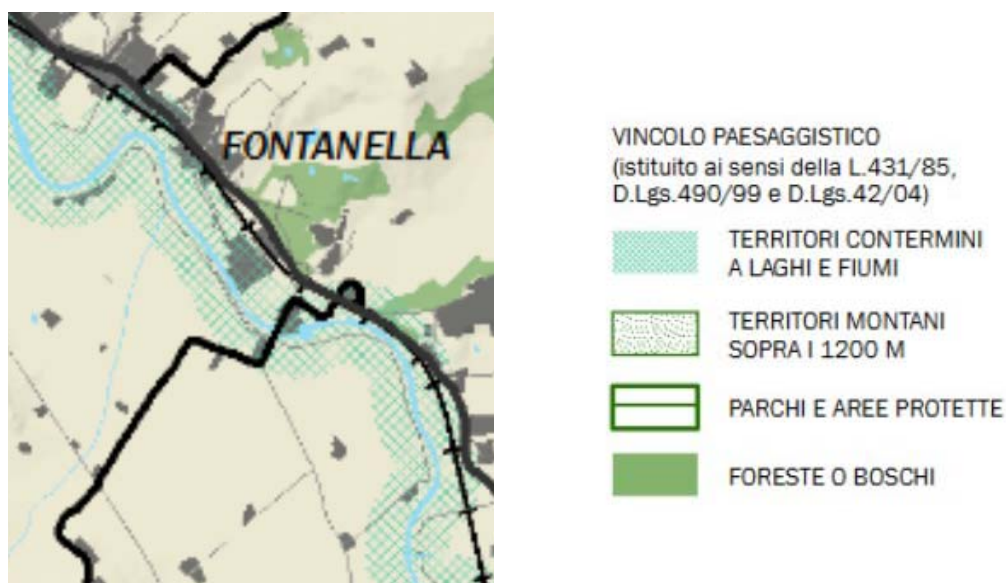
- a) non siano diversamente localizzabili;
- b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, di ampliamento e di manutenzione del corso d'acqua;
- c) non costituiscano ostacolo al deflusso delle acque in caso di esondazione per tempi di ritorno duecentennali;
- d) non siano in contrasto con le disposizioni di cui all'articolo 96 del regio decreto 523/1904."

Si ricorda inoltre che il P.I.T. (D.C.R.T. n.72 del 24 Luglio 2007) ha tolto gli "ambiti B" dei corsi d'acqua (DCRT 12/2000).

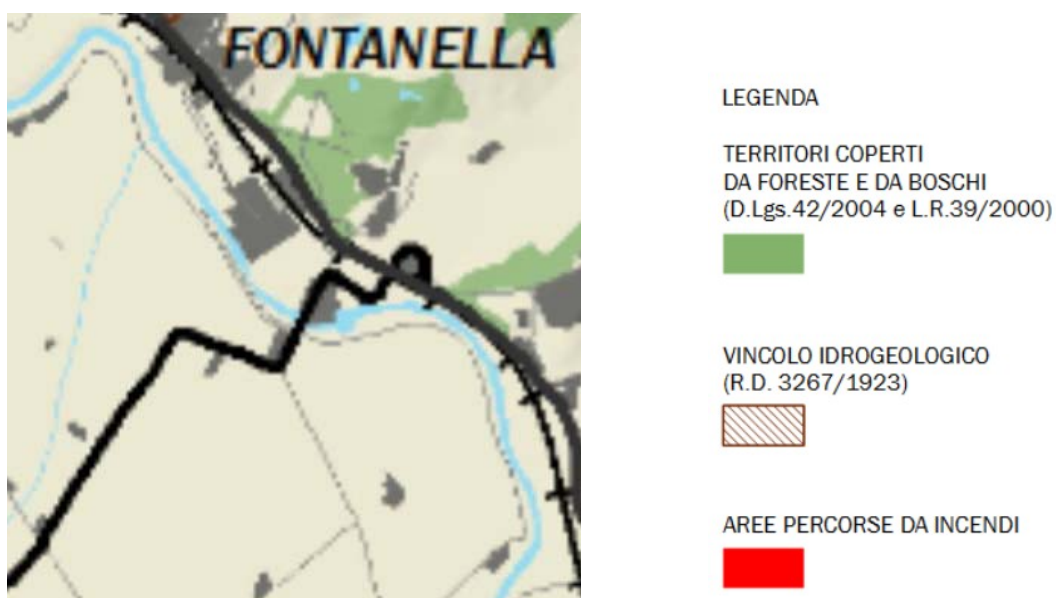
La successiva approvazione del PIT con delibera di Consiglio Regionale n.37 del 27 marzo 2015 riguarda invece "l'integrazione del PIT con valenza di piano paesaggistico"; a tale proposito l'intervento ricade nel Vincolo Paesaggistico (Elaborato 8B, art. 142 del Codice dei beni Paesaggistici e Allegato E).

Dalla consultazione delle cartografie a corredo del PTC di Firenze emerge che la zona ricade tra quelle soggette a vincolo paesaggistico ai sensi della L.431/1985 (fascia di 150 metri dai corsi d'acqua) e DL. Lgs 42/2004 (vedi stralcio sottostante); risulta però esclusa tra le aree soggette a vincolo idrogeologico ai sensi del RD n.3267/1923 e LR39/2000.





PTC Firenze "Carta dei beni paesaggistici"



PTC Firenze "Carta dei vincolo idrogeologico e terreni boscati"

## 2.6 – Punti di captazione idrica idropotabile

Entro i 200 metri di raggio attorno alla zona di indagine, sulla base delle cartografie a corredo degli strumenti urbanistici vigenti e dei dati della Provincia di Firenze (PTC Firenze), non sono presenti punti di captazione (pozzi e/o sorgenti) della risorsa idrica ad uso idropotabile e/o acquedottistico.

### 3. – PERICOLOSITA' DELL'AREA SECONDO LO STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE

Si fa presente che le "Indagini geologico-tecniche di supporto al Strutturale del Comune di Castelfiorentino" risalgono al 2000 e sono state redatte ai sensi della LR5/1995. Il più recente Regolamento Urbanistico e i suoi vari aggiornamenti (Variante 2007-2012-2014) riguardano studi di dettaglio, ai sensi della LR 1/2005, delle singole U.T.O.E. e quindi non comprendono il territorio aperto.

#### 3.1. – Pericolosità Idraulica

La carta di Pericolosità a corredo del PS di Castelfiorentino riporta, per la zona in studio, problematiche legate alla pericolosità idraulica.

Tale cartografia, redatta ai sensi delle DCR n.94/1985 e DCR n.230/1994 ad oggi abrogate, classifica la zona in oggetto come "ambito A1, classe 4" e "classe 3b" nell'immediato intorno (Fig.6, Cartografie estrapolate dal PS comunale in formato cartaceo e da quelle pubblicate sul sito di Unione dei Comuni Circondario Empolese-Valdelsa).

Secondo le NTA del RU del 2014,

*"In tali aree, individuate nelle tavole delle Indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. e nella Tavola A delle Indagini geologico-tecniche di supporto al R.U. (Ambito B, A1 e A2 in prossimità dei corsi d'acqua classificati, Pericolosità idraulica 3a e 3b e Pericolosità Idraulica 4), dovranno rispettarsi in maniera integrale le salvaguardie di cui agli artt. 73-74-75-76-77-78-79-80 della Delibera C.R. n. 12/00.*

*In particolare per quanto concerne la classe di Pericolosità Idraulica 4 nel territorio aperto non si potranno realizzare nuove edificazioni o modifiche morfologiche in aree a rischio idraulico. Per la classe di pericolosità idraulica 3b, in assenza di Studi Idrologico-Idraulici che dimostrino l'assenza del rischio con T100 e ove vi sono notizie storiche di esondazione documentate e comunque prima del collaudo delle eventuali opere di messa in sicurezza idraulica, ogni intervento edilizio è subordinato al rispetto delle seguenti disposizioni:*

- per le nuove edificazioni il piano di calpestio del primo solaio fuori terra deve porsi ad una quota superiore di un franco di 0,50 m rispetto al massimo evento alluvionale registrato nella zona, tenendo in considerazione gli studi di base di supporto al P.S.;*
- gli interrati ed i seminterrati di nuova costruzione ove non esclusi dalle salvaguardie sovracomunali dovranno essere realizzati secondo le seguenti prescrizioni:*
  - non dovranno essere realizzate caldaie o altri impianti tecnologici a livello di piani interrati o seminterrati; ▫ non potranno essere realizzati impianti elettrici con livello di protezione inferiore a IP 65 in piani interrati o seminterrati;*
  - è vietata la chiusura dei piani interrati o seminterrati con basculanti in quanto in caso di allagamento l'apertura potrà essere impedita dalla pressione dell'acqua;*
  - gli impianti elettrici dei piani interrati o seminterrati dovranno essere dotati di centralina di allarme per il rilevamento della presenza di acqua, che tolga la tensione al piano in caso di allagamento, e di dispositivo che impedisca la discesa dell'ascensore ai piani interrati o seminterrati;*
  - i locali interrati o seminterrati dovranno essere impermeabilizzati e si dovrà provvedere a munire le rampe di accesso e le aperture verso l'esterno di paratoie opportunamente posizionate e di facile e rapida manovrabilità ;*
  - i piani interrati o seminterrati dovranno essere muniti di pozzetto con pompa sollevante a livello dotata di generatore autonomo ubicato al piano terra".*

Nella carta B del R.U. (Fig. 4) sono individuate la "aree sensibili" (art. 55 delle NTA) dove "dovranno essere attuati, in occasione degli interventi edilizi, urbanistici, di utilizzo del suolo, di sistemazione dei terreni, di regimazione idraulica, gli interventi necessari per mantenere in efficienza le reti naturali ed artificiali di drenaggio superficiale ed in generale per migliorare le condizioni fisiche ed ambientali delle aree e per valorizzare le funzioni idrauliche. Il proponente dovrà eseguire tali interventi sulla base delle risultanze di uno studio geologico ed idrologico che tenga in dovuta considerazione l'allegato "Fattibilità Geologico-Normativa e Prescrizioni" di supporto al R.U".

Le "aree sensibili a termine" sono quelle aree che verranno messe in sicurezza con la realizzazione della cassa di espansione di Madonna della Tosse e delle opere collaterali, in fase di completamento sulla base della Concessione Edilizia n. 171/1999/Bis del 7/11/2000. Le "aree sensibili a termine" decadranno dopo il completamento ed il collaudo delle opere relative alla cassa di espansione e con la definizione di aree sensibili decadranno i vincoli indicati in precedenza. Dalle aree sensibili potranno essere stralciate (nel rispetto dell'art. 3 delle Norme di Attuazione del PTCP) le aree per le quali, sulla base di studi geologici ed idraulici approfonditi, venga accertata l'assenza e/o la eliminabilità delle condizioni di rischio di esondazione con tempo di ritorno di 200 anni, senza aumentare il rischio idraulico per le aree limitrofe. Gli studi geologici ed idraulici dovranno essere esaminati dalla Commissione edilizia Comunale e, dopo l'espressione del parere favorevole e la realizzazione ed il collaudo delle opere eventualmente necessarie per l'eliminazione del rischi, decadranno la individuazione come area sensibile ed i vincoli indicati in precedenza.

In merito alla fattibilità dell'intervento, richiamando quanto indicato nel D. Lgs. n. 387 del 29 Dicembre 2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" (pubblicato nella G.U. n° 25 del 31/01/2004 - suppl. ord. n° 17; testo coordinato sulla base delle modifiche e/o integrazioni apportate dal D.Lgs. 03/04/2006, n° 152 - G.U. n° 88 del 14/04/2006 - suppl. ord. n° 96-, dalla Legge 24/12/2007, n° 244 -G.U. n° 300 del 28/12/2007 - suppl. ord. n° 385-, e dalla Legge 23/07/2009, n° 99 - G.U. n° 176 del 31/07/2009 - suppl. ord. n° 136), il tipo di intervento in progetto è inquadrabile come "di pubblica utilità ed indifferibile ed urgente", ai sensi dell'art.12 comma 1):

1) "Le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, non ch  le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilit  ed indifferibili ed urgenti"

Inoltre, ai sensi dell'art.12 comma 3) dello stesso D.Lgs. n.387/2003, tali tipi di "opere sono soggette ad autorizzazione unica, .....che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico":

3) "La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonch  le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico".

Per quanto riguarda agli Ambiti A1 e B dei corsi d'acqua si rimanda alle considerazioni di cui al paragrafo § 2.5.

Inoltre in merito agli interventi ricadenti in "pericolosit  idraulica molto elevata", si rimanda alla L.R. n.21 del 21 Maggio 2012 "Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua", chiarite al paragrafo § 4.4.

Si fa presente a tale proposito che gli interventi in progetto sono previsti tutti fuori dall'alveo; inoltre la loro realizzazione non comporter  variazioni della sezione idraulica ovvero non comporter  incrementi di

rischio idraulico rispetto all'attuale poiché le opere (gruppo turbine e canali) saranno completamente interrato, con chiusura stagna in modo da consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza.

La cabina elettrica sarà realizzata in modo tale da non creare incremento di rischio idraulico, con quota rialzata rispetto a quella del tirante idrico duecentennale e basamento permeabile all'eventuale lama d'acqua.

### 3.2. – Pericolosità Geomorfologica

Tale cartografia, redatta ai sensi delle DCR n.94/1985 e DCR n.230/1994 ad oggi abrogate, classifica la zona in oggetto in "classe 1", per il quale non ci sono particolari prescrizioni (Fig.7).

## 4. – VINCOLI SOVRAORDINATI

### 4.1. – Pericolosità Geomorfologica (Autorità di Bacino Fiume Arno)

La "perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi" (stralcio n.094) del Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 6 Maggio 2005, non evidenzia per la zona in oggetto nessuna classe di pericolosità geomorfologica (Fig.8).

### 4.2. – Pericolosità Idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno)

Si fa riferimento, per completezza, alla cartografia allegata al PAI (rischio idraulico) anche se ad oggi sia le cartografie che le norme di piano sono state abrogate e sostituite da quelle relative al Piano Gestione Rischio Alluvioni, di cui si parlerà più dettagliatamente al paragrafo 4.3.

La "perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - livello di dettaglio" del Piano stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. 6 Maggio 2005, evidenzia per la zona in oggetto, la seguente classe di pericolosità (non presente lo stralcio perché recentemente sostituito dal PGRA):

#### Pericolosità idraulica Molto Elevata (P.I.4)

Nello specifico l'area oggetto d'intervento, con riferimento allo stralcio cartografico in scala 1:10.000 ricade entro un'area "inondabile da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm".

Nelle aree P.I.4, per le finalità di cui al presente PAI, sono consentiti, ai sensi dell'art.6 comma d).

*"... nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali e non delocalizzabili, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale, non concorrano ad incrementare il carico urbanistico, non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino coerenti con gli interventi di protezione civile. Per tali interventi è necessario acquisire il preventivo parere favorevole dell'Autorità di Bacino";*

#### Piano Stralcio Rischio Idraulico

La zona in oggetto (Fig.9) risulta cartografata nella "carta guida delle aree allagate" redatta sulla base degli eventi alluvionali significativi (1966-1999) a corredo del Piano di Bacino Stralcio "Rischio Idraulico":

In applicazione della Norma 6 "in tali aree, le opere che comportano trasformazioni edilizie ed urbanistiche potranno essere realizzate a condizione che venga documentato dal Proponente e accertato dall'Autorità Amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione, il non incremento di rischio idraulico da esse



*determinabile o che siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tale rischio da realizzarsi contestualmente alla esecuzione delle opere richieste”.*

La “Carta delle aree di pertinenza fluviale dell’Arno e dei suoi affluenti” (Fig.11), allegata al Piano di Bacino, stralcio Rischio Idraulico, esclude la zona in oggetto tra quelle di “**pertinenza fluviale**, che devono essere salvaguardate, in generale, per la mitigazione del rischio idraulico”.

La “Carta degli interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico” , allegata al Piano Stralcio relativo alla riduzione del “Rischio idraulico” del bacino del Fiume Arno approvato con il DPCM 05/11/1999, non comprende la zona in studio (Fig.10).

#### *4.3. – Piano Gestione Rischio Alluvioni (Autorità di Bacino Fiume Arno)*

Si fa presente che, con delibera del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016, il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale è stato definitivamente approvato. La disciplina di PGRA va quindi a subentrare alle disposizioni previste dalle norme di PAI con particolare riguardo ai disposti del “Capo I – Pericolosità Idraulica”.

La cartografia relativa al PGRA relativa al Bacino Arno (v. Fig.12), derivante dalla Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), evidenzia per la zona in oggetto una zona in Pericolosità 3: corrispondente a “**pericolosità da alluvione elevata (P3)**, secondo l’art.7 delle Norme di Piano:

- 1) “Nelle aree P3, per le finalità di cui all’art.1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all’art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi 2 e 3.

Fermo restando che le norme di piano del PGRA hanno valore di indirizzo più che prescrittivo in senso stretto, si riposta quanto riportato all’art. 1 comma 4):

4) “in coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo n. 49/2010, il PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone persegue i seguenti obiettivi generali che sono stati definiti alla scala del distretto idrografico dell’Appennino Settentrionale:

- 1. Obiettivi per la salute umana:

a) riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;

b) mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l’operatività delle strutture strategiche.

- 2. Obiettivi per l’ambiente:

a) riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;

b) mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

-3. Obiettivi per il patrimonio culturale:

a) Riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;

b) mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.

-4 Obiettivi per le attività economiche:

a) mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;

b) mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;

c) mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;

d) mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche”.

In merito alla “gestione del rischio”, come già detto al paragrafo §3.1, si ricorda che gli interventi in progetto sono previsti tutti fuori dall'alveo; inoltre la loro realizzazione non comporterà variazioni della sezione idraulica ovvero non comporterà incrementi di rischio idraulico rispetto all'attuale poiché le opere (gruppo turbine e canale) saranno completamente interrate, con chiusura stagna in modo da consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza. La cabina elettrica ricade fuori dalle zone classificate come P.3 (PGRA) e comunque sarà realizzata in modo tale da non creare incremento di rischio idraulico, con quota rialzata rispetto a quella del tirante idrico duecentennale e basamento permeabile all'eventuale lama d'acqua..

A tale riguardo, di si rimanda alla Relazione Idraulica a firma dell'ing. R. Simoni (elaborata in fase di verifica di Assoggettabilità alla VIA), finalizzata alla verifica della compatibilità idraulica del progetto con le portate di piena dell'Elsa e a soddisfare le prescrizioni di cui sopra.

#### 4.4. – Valutazioni in merito alla LR 21/2012

In merito alla LR 21 maggio 2012, n. 21 “Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua”, l'art.1 relativo alla “tutela dei corsi d'acqua” riporta quanto segue:

1. *“Non sono consentite nuove edificazioni, la realizzazione di manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua di cui al quadro conoscitivo del piano di indirizzo territoriale previsto dall'articolo 48 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio), come aggiornato dai piani di assetto idrogeologico (PAI)”.*

5. Ferma restando l'autorizzazione da parte dell'autorità idraulica competente, il divieto di cui al comma 1 non si applica altresì:

- a) alle opere finalizzate alla tutela del corso d'acqua e dei corpi idrici sottesi;*
- b) alle opere connesse alle concessioni rilasciate ai sensi del regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 (Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici);*
- c) agli interventi volti a garantire la fruibilità pubblica all'interno delle fasce di cui al comma 1, purché non compromettano l'efficacia e l'efficienza dell'opera idraulica e non alterino il buon regime delle acque;*
- d) alle opere di adduzione e restituzione idrica;*
- e) ai manufatti e alla manutenzione straordinaria delle costruzioni esistenti già in regola con le disposizioni vigenti”.*

Mentre nella aree a Pericolosità Idraulica Molto Elevata – PIME - (art.2)

Comma 1 – *“Nelle aree classificate dai piani strutturali, dai piani regolatori generali (PRG) o dai PAI, come aree a pericolosità idraulica molto elevata, è consentita la realizzazione dei seguenti interventi:*

*“comma 2), “nelle aree di cui al comma 1, è consentita, altresì, la realizzazione degli interventi di seguito indicati, a condizione che siano preventivamente realizzate, ove necessarie, le opere per la loro messa in sicurezza per tempo di ritorno duecentennale, comprensive degli interventi necessari per non aggravare la pericolosità idraulica al contorno:*

*....b) nuovi impianti e relative opere per la raccolta e la distribuzione della risorsa idrica, il convogliamento e la depurazione degli scarichi idrici, lo stoccaggio, il trattamento, lo smaltimento ed il recupero dei rifiuti, la produzione ed il trasporto di energia da fonti rinnovabili o, comunque, al servizio di aziende e insediamenti produttivi previsti dagli strumenti e atti di pianificazione e programmazione regionali, provinciali e comunali vigenti al momento di entrata in vigore della presente legge, non diversamente localizzabili, oppure ampliamento o adeguamento di quelli esistenti; ...”.*

Come detto sopra si ricorda che gli interventi in progetto sono previsti tutti fuori dall'alveo; inoltre la loro realizzazione non comporterà variazioni della sezione idraulica ovvero non comporterà incrementi di rischio idraulico rispetto all'attuale poiché le opere (gruppo turbine e canale) saranno completamente interrati, con chiusura stagna in modo da consentire il funzionamento dell'impianto in sicurezza. La cabina elettrica ricade fuori dalle zone classificate come P.3 (PGRA) e comunque sarà realizzata in modo tale da non creare incremento di rischio idraulico, con quota rialzata rispetto a quella del tirante idrico duecentennale e con basamento permeabile all'eventuale lama d'acqua..

A tale riguardo, di si rimanda alla Relazione Idraulica a firma dell'ing. R. Simoni (elaborata in fase di verifica di Assoggettabilità alla VIA), finalizzata alla verifica della compatibilità idraulica del progetto con le portate di piena dell'Elsa e a soddisfare le prescrizioni di cui sopra.

#### 4.4 - Bilancio Idrico

In merito al Piano di Bacino Stralcio "Bilancio Idrico" del Fiume Arno, per quanto riguarda le acque superficiali (Tav. F), l'interbacino sotteso alla sezione corrispondente alla zona di ubicazione della centralina in progetto, posto lungo il Fiume Elsa nel territorio comunale di Castelfiorentino, risulta "a deficit medio (C2) " in cui la portata alla sezione di chiusura è inferiore al DMV per un periodo compreso tra 30 e 0 giorni"; normato dalle disposizioni di cui agli artt. 23 e 25 delle "Misure di Piano" (Febbraio 2010).

*Art.23 comma 1) .L'obiettivo strategico dovrà essere raggiunto entro il 31 dicembre 2015.*







*Comma 2) Le Autorità competenti, avvalendosi dei dati di bilancio riportati nelle Schede di sintesi, pianificano la gestione della risorsa idrica secondo le priorità di legge ai fini del raggiungimento degli obiettivi.*



*Stralcio di "carta di criticità per deficit idrico nel reticolo superficiale" (Tav. F),  
Piano stralcio "Bilancio Idrico" A.b.A.*

#### Bilancio Idrico

( Sezioni significative

	C4	Interbacini a deficit idrico molto elevato
	C3	Interbacini a deficit idrico elevato
	C2	Interbacini a deficit idrico medio
	C1	Interbacini a deficit idrico nullo
		Interbacini a deficit idrico nullo con a valle livello di criticità superiore
		Interbacini sottesi a sezioni significative per le quali non è stata determinata la portata di Q7,2

In riferimento all'Allegato 6 delle "Misure di Piano" del Piano stralcio "Bilancio Idrico", ove sono riportati i "Criteri integrativi per il rilascio di pareri sui prelievi da acque superficiali", si riporta quanto segue:

"Tali criteri, applicati nei casi di seguito elencati, sono riferiti alla scala di dettaglio e tengono conto degli effetti del prelievo sul reticolo alla scala locale, della modalità di derivazione/restituzione, dell'efficienza dissipativa, del programma di utilizzo:

- 1) Derivazioni non dissipative con restituzione in prossimità del punto di prelievo e nello stesso corpo idrico - il prelievo è sempre ammesso. Potrà essere proposta l'adozione o meno di dispositivi di mitigazione dell'impatto sul corpo idrico per opere di presa fisse in alveo.



## 5. – INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA DI MASSIMA

### 5.1 – Indagini in situ

Ai sensi del D.P.G.R. n. 36/R del 2009, Regolamento di attuazione dell'art.117 della L.R. 1/2005, "Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico", si fa presente che l'intervento in progetto ricade in "classe di indagine 2" ai sensi dell'art.7 del Reg. 36/R.

A tale proposito, per la ricostruzione del modello geologico dei terreni oggetto di studio sono state eseguite, nel mese di Maggio 2014, le seguenti indagini geognostiche in situ (Fig.3):

Le indagini, eseguite il giorno 08 Luglio 2016 sono seguenti:

- n.1 prova penetrometrica, eseguita mediante penetrometro statico/dinamico modello Pagani TG-63/200 da 20 tonn di spinta, eseguita con modalità statica; tali indagini, volte a verificare puntualmente i parametri geotecnici dei terreni presenti (All.1), hanno raggiunto la massima profondità di 11.60 metri dal p.c., senza il raggiungimento del rifiuto strumentale.
- n.1 indagine sismica condotta con metodologia Masw; tale metodologia permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio S (onde di corpo) nel sottosuolo sfruttando le onde di superficie e, più precisamente, le onde di Rayleigh. Nel caso specifico sono stati usati n.24 geofoni per una lunghezza complessiva di circa 34.5 metri. In seguito all'acquisizione dei dati è stato possibile analizzare i dati sismici acquisiti in campagna in modo da ricavare la velocità delle onde di taglio Vs30 e la corrispondente categoria di suolo (DM2008);
- n.1 misura di microtremore H/V (HVSr), eseguita in situ, utili a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità (All.1).

#### 5.2.1 – Penetrometrie statiche CPT

La prova penetrometrica statica in situ ubicata come indicato in Fig.3 è stata spinta fino alla profondità di 11.60 metri dal p.c., senza il raggiungimento del rifiuto strumentale (Allegato 1):.

La prova di tipo statico (CPT) consente di rilevare, mediante una centralina elettronica, i valori della Resistenza di punta (Rp) e della Resistenza laterale locale (RI). Dal valore dei parametri Rp e RI è possibile ricavare il "Rapporto Begemann" (Rp/RI), con il quale è possibile risalire alla granulometria dei terreni attraversati e ai principali parametri geomeccanici del terreno; in particolare il valore dell'angolo di attrito ( $\phi$ ), per gli orizzonti prevalentemente incoerenti (limi, sabbie e ghiaie), quello della coesione non drenata (Cu), per gli orizzonti prevalentemente coerenti (torbe, argille) e il coefficiente di compressibilità volumetrica (mv), inverso del modulo edometrico (Mo), che consente la valutazione dei cedimenti indotti dalla presenza di sovraccarichi.

#### 5.2.2 – Indagine sismica Masw

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Nel caso di stendimento lineare di geofoni per la registrazione delle onde superficiali generate in un punto della superficie, si parla di metodo attivo. Tale indagine è finalizzata alla ricostruzione della distribuzione

e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo nell'intervallo di profondità 0-30 metri (Vs30), al fine di determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Sulla base dell'elaborazione dell'indagine sono emersi i seguenti sismo strati e relativi parametri geotecnici (Fig.3, Allegato 1):

Thickness (m)	0.3	1.0	4.0	2.0	4.0	5.0	13.7	30
Vs (m/s)	250	340	360	380	400	420	450	800
Density (gr/cm3) (approximate values)	1.88	1.97	1.98	2.00	2.01	2.02	2.04	2.15
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values)	118	228	257	288	322	357	413	1377
Poisson Approximate values for Vp and Poisson	0.33	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30

### 5.2.3. – Misura di microtremore H/V

La misura di microtremore (HVS1) è stata ubicata circa sulla mezzeria della stesa Masw, come indicato in Fig. 3 (Allegato 1).

Come già accennato, il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Tale informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Attraverso la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVS1 si è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per i dati tecnici e strumentali relativi allo svolgimento della misura di microtremore si rimanda al relativo allegato (Al.1).

In relazione alle caratteristiche geologiche del sito ed in funzione del modello geologico e litotecnico ricostruito, è logico attendersi che i terreni presentino un contrasto di impedenza abbastanza significativo, ottenendo un diagramma H/V con un certo picco, quale:

- La misura HVS1, ha un picco HVS1 di 2.0 a 2.1 Hz

Esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVS1 può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure MASW, a vincolare il modello VS specie in profondità.

L'inversione congiunta dei due dati è stata quindi svolta considerando la dispersione delle onde di superficie e la curva HVS1 (v. Allegato 1).

In tal senso, dall'analisi congiunta dell'indagine sismica Masw effettuata, volta alla conoscenza delle Vs, con quella del microtremore H/V, è emersa la presenza di un picco di risonanza H/V con valore maggiore o uguale a 2 ( $H/V > 2$ ), ovvero di interesse ingegneristico (v. Allegato1).

La curva HVSr1 mostra un aumento progressivo di velocità, con un contrasto più evidente presente intorno ai 50 metri dal p.c., probabilmente attribuibile al passaggio tra litotipi sabbioso-limosi meno addensati a più addensati e/o con ciottolotti (ghiaie e sabbie?, corrispondenti al bedrock sismico).

## 6. – STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

### 6.1 – Stratigrafia loc. Granaiole (Comune di Castelfiorentino)

Sulla base delle indagini eseguite sul sito in oggetto (argine sinistro) (Fig.3), si ritiene di poter estrapolare una stratigrafia di massima caratterizzata dai seguenti orizzonti litostratigrafici e relativi parametri geotecnici stimati:

orizz. A	da m 0.0	a m. 0.6	Terreno vegetale/ di riporto ( $R_p=54 \text{ kg/cmq}$ )
orizz. B	0.6	3.2	Limi sabbioso - argillosi debolmente addensati e consistenti; ( $R_p=28 \text{ kg/cmq}$ * $C_u=0.82 \text{ kg/cmq}$ * $\phi=26.0^\circ$ * $\gamma=1.80 \text{ t/mc}$ * $mv=0.015 \text{ cmq/kg}$ * * $Dr=40-50 \%$ )
orizz. C	3.2	11.60	Sabbia limosa molto addensata; ( $R_p=80 \text{ kg/cmq}$ * $\phi=32.0^\circ$ * $\gamma=1.85 \text{ t/mc}$ * $Dr=50-60 \%$ * $mv=0.005 \text{ cmq/kg}$ )

La misura della falda, effettuata all'interno del perforo in data 08 Luglio 2016, non stata rilevata per crollo del perforo.

### 6.2 – Valutazione dei parametri caratteristici

Ai sensi del D.M.14.01.2008, “per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”.

Nel caso dei parametri relativi all’angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), “coesione non drenata ( $C_u$ )”, “modulo di compressione volumetrica ( $mv$ )” ed al “peso di volume”, per tutti gli orizzonti litostratigrafici rilevati, è stato preso in considerazione il valore medio, che si ritiene possa rientrare nel concetto di “stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato”, espressa nel D.M.14.01.2008 e dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito si riporta la sintesi delle caratteristiche (parametri geotecnici caratteristici  $X_k$ ) delle unità litotecniche precedentemente indicate sulla base della sequenza indicata nelle sezioni di Fig.3:

Sito locale turbina-canale di presa e restituzione-cabina Enel (Fig.3)

Orizzonti litotecnici		Parametri geotecnici caratteristici ( $X_k$ )			
		$\phi$ k(°)	Cu k(Kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ k(t/m <sup>3</sup> )	mv k(cm <sup>2</sup> /Kg)
Lit_A 0.0÷0.6 m	"Terreno vegetale/ di riporto"	-	-	-	-
	"				
Lit_B 0.6÷ 3.2	"Limi sabbioso - argillosi debolmente addensati e consistenti"	26	0.82	1.80	0.015
Lit_C 3.2÷ 11.6	Sabbia limosa molto addensata "	32	-	1.85	0.005

dove:

- $\phi k$       valore caratteristico dell'angolo di attrito interno (°);  
 $Cu k$       valore caratteristico della coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>);  
 $\gamma k$       valore caratteristico del peso in volume del terreno (t/m<sup>3</sup>);  
 $mv k$       valore caratteristico del coefficiente di compressibilità volumetrica (cm<sup>2</sup>/Kg).

**7. - VALUTAZIONI DI CARATTERE SISMICO***7.1 - Quadro normativo in materia antisismica della Regione Toscana*

In breve si riporta il quadro normativo nazionale e regionale in materia antisismica.

**Normativa nazionale**

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 “

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”. (G.U. n. 105 del 08.05.2003, Supplemento Ordinario n. 72)

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. È in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri Vs30, Nspt, cu.

- Decreto n. 3685 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003  
Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/04/2003 - Individuazione delle tipologie degli edifici d'interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale, di competenza statale, attuazione dell'articolo 2 dell'Ordinanza (G.U. n. 222 del 23.09.05, S.O. n. 159).
- OPCM n. 3431 del 03 maggio 2005

Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274/2003 (G.U. n. 107 del 10.05.2003).

- DM Infrastrutture e Trasporti 14 settembre 2005  
"Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n. 222 del 23.09.2005, Suppl. Ord. n. 159) del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia.
- OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006  
Sono stati emanati ulteriori "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" (G.U. n. 108 del 11.05.2006), ad integrazione della citata OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale.
- DM Infrastrutture 14 gennaio 2008  
"Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 29 del 04.02.2008, S. O. n. 30). Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in G. U. il DM 14.01.2008 contenente le Nuove NTC. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A gennaio 2008 una Direttiva del PCM fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC. Il MI Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14.01.2008.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.  
"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" (G.U. n. 47 del 26.02.2009, S. O. n. 27).
- Circolare 5 agosto 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. n. 187 del 13.08.2009).  
"Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Cessazione del regime transitorio di cui all'art. 20, comma 1 del D.L. 31 dicembre 2007 n. 248".
- Circolare 11 dicembre 2009 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. n. 297 del 22.12.2009).  
Entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. Circolare 5 agosto 2009 - Ulteriori considerazioni esplicative.
- OPCM n. 3907 del 13 novembre 2010  
"Attuazione dell'articolo 11 del D.L. 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico (G.U. n. 281 del 01.12.2010 – Suppl. Ord. n. 262), che disciplina i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico previsti dall'art.11 della citata legge relativamente ai fondi disponibili per l'annualità 2010".
- OPCM n. 4007 del 29.02.2012  
Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011 . (G.U. n. 56 del 17.03.2012).

## Normativa regionale

- L.R. n.88 del 6 dicembre 1982  
Disciplina dei controlli sulle costruzioni in zone soggette a rischio sismico (Nota: cessa l'applicazione dal 26.10.2006 con l'entrata in vigore del Regolamento di attuazione dell'art. 117, comma 2, lett. g) della L.R. 1/2005 di cui al Decreto del Presidente della Giunta regionale n. 48/r del 17.10.2006).
- Deliberazione di G.R. n. 4432 del 29 aprile 1985  
"Orientamenti interpretativi e raccomandazioni in materia di normativa antisismica".
- L.R. n. 21 del 17 aprile 1984 "Norme per la formazione e l'adeguamento degli strumenti urbanistici ai fini della prevenzione del rischio sismico, in attuazione dell'art. 20 della legge 10 dicembre 1981, n. 741".
- Deliberazione di Giunta Regionale n. 604 del 16.06.2003  
"Indirizzi generali e prime disposizioni sulla riclassificazione sismica della Regione Toscana, in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003".
- Legge regionale n. 1 del 3 gennaio 2005  
"Norme per il governo del territorio" (Testo coordinato con l'entrata in vigore della L.R. 15/2005, della L.R. 24/2006 e della L.R. 37/2006).
- Deliberazione di G.R.T. n. 431 del 19 giugno 2006  
"Classificazione sismica". Recepisce l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28.04.2006. La proposta di riclassificazione sismica del territorio regionale è stata illustrata alla Giunta Regionale in data 12 giugno 2006.
- Decreto Presidente G.R. n. 26/r del 27 aprile 2007  
"Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 1/2005 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche (pubblicato sul B.U.R.T. n. 11 del 7.05.2007)".
- Deliberazione di Giunta Regionale n. 841 del 26 novembre 2007  
"Aggiornamento elenco dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana. - Allegato 1 - Elenco dei comuni a maggior rischio sismico". - Allegato 2 - Mappa dei comuni a maggior rischio sismico. La Giunta Regionale Toscana individua delle zone a maggior rischio sismico, per complessivi 81 comuni, nelle quali è massima la priorità per lo svolgimento delle attività di prevenzione sismica previste nei programmi regionali. Tale delibera integra e modifica le precedenti deliberazioni di G.R.T. n. 604 del 16.06.2003 e n. 751 del 28.07.2003.
- Decreto del Presidente della G.R. n. 36/R del 9 luglio 2009  
"Regolamento di attuazione dell'art. 117 della L.R. 1/2005 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico. (Pubblicato sul B.U.R.T. n. 25 del 17.07.2009)".
- DPGR n.53/R del 25 ottobre 2011  
"Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n.1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche" (B.U.R.T. n.51-Parte I del 02.11.2011).
- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012,  
"Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006";
- D.G.R.T. n. 421 del 2014,  
"Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 878/2012";



## 7.2 - Sismicità del sito

Il territorio comunale di Castelfiorentino ricade in Zona 3 di sismicità ai sensi della D.G.R.T. n. 421/2014 aggiornamento della DGRT del 08/10/2012, "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008. In base al rapporto "Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo a cura di C. Meletti e G. Valensise (2004) Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, il territorio ricadrebbe all'interno della Zona sismogenetica 916 per la quale è stata definita una magnitudo massima di 6.14.

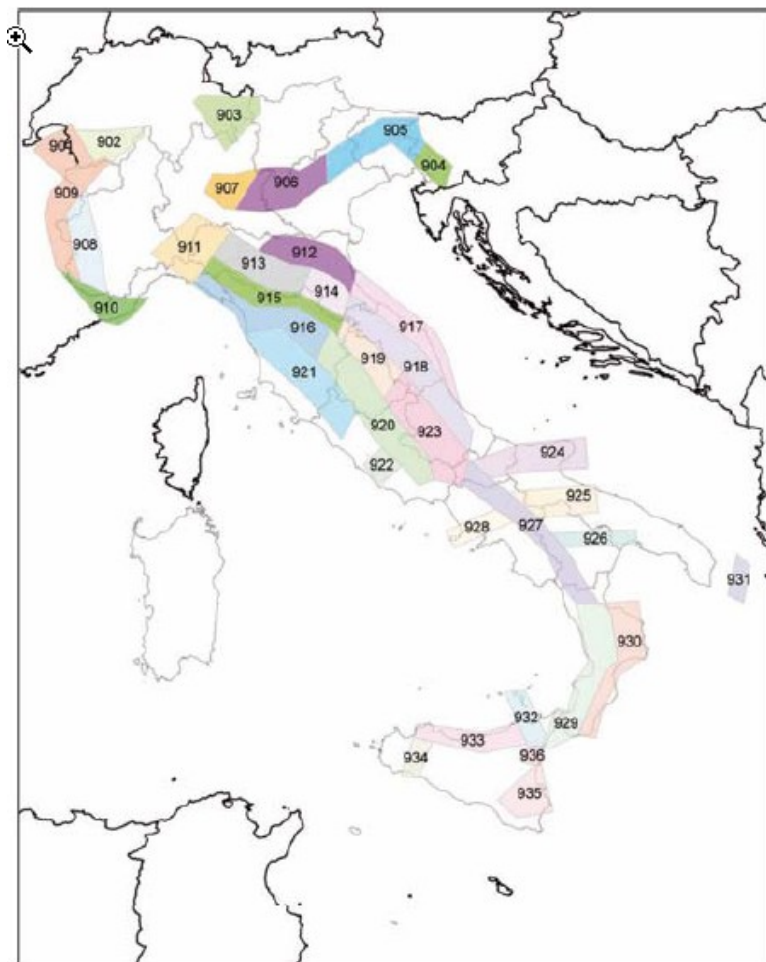


Tabella 2.8-1 – Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

La sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è di livello medio basso (zona 3) , sia per quanto riguarda l'attività locale che il risentimento di eventi distanti. Per descrivere in maniera più dettagliata la sismicità dell'area di seguito si riportano, in forma tabellare, gli effetti risentiti nel sito, così come estratti dal DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11.

Il catalogo dei terremoti storici (IGNV – BDMI11) riporta, per il comune di Castelfiorentino e le zone limitrofe, i seguenti eventi sismici: Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 (I0 = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Is = intensità risentita al sito).

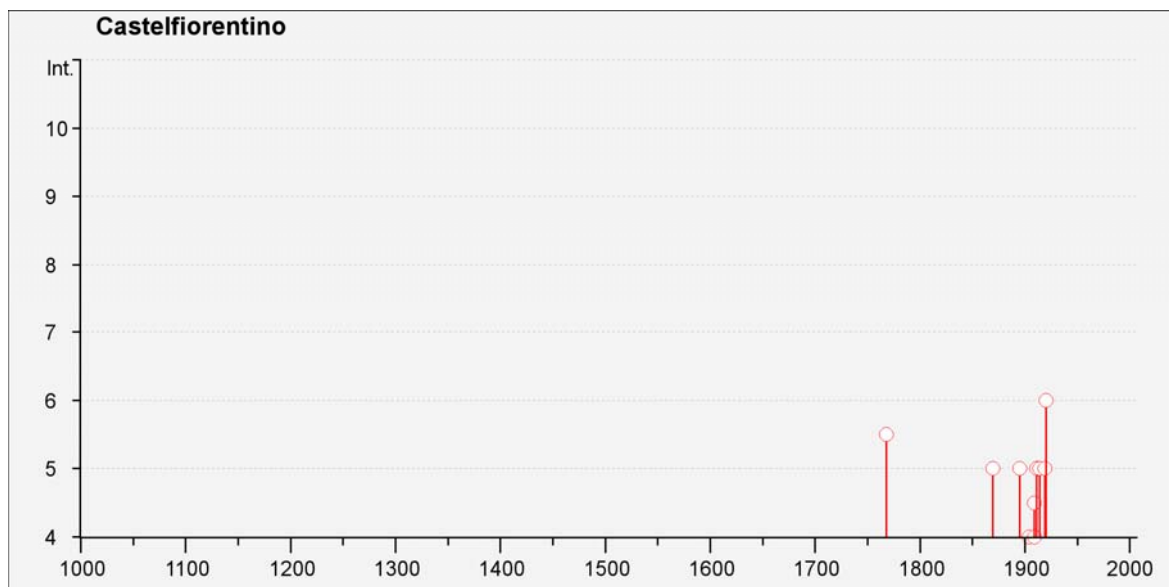
Dalla tabella è possibile notare come l'intensità massima risentita nell'area interessata dalla realizzazione del progetto non superi il V grado MCS, raggiunto però nel Mugello con magnitudo 6.29.

#### Storia sismica di Castelfiorentino [43.605, 10.970]

Numero di eventi: 23

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw	
5-6	1768 11 30 23:00	Val d'Elsa	4	5-6	4.51 ±0.34
5	1869 09 26 20:45	Valle dell'Elsa	9	6-7	4.94 ±0.77
3	1887 11 14 05:48	Fiorentino	101	6	4.54 ±0.13
5	1895 05 18 19:55	Fiorentino	401	8	5.43 ±0.08
NF	1897 12 18 07:24	Appennino umbro-marchigiano	132	7	5.13 ±0.14
3	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
2-3	1902 03 05 07:06	Garfagnana	83	7	4.96 ±0.17
2-3	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8	5.25 ±0.17
4	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7	5.15 ±0.14
F	1906 04 21 06:35	VAL D'ELSA	50	5-6	4.50 ±0.39
NF	1907 12 15 13:06	Radda in Chianti	20	5	4.38 ±0.57
NF	1907 12 20 10:29	Radda in Chianti	35	6	4.63 ±0.54
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
4-5	1909 08 25 00:22	MURLO	283	7-8	5.37 ±0.10
5	1911 09 13 22:29	Chianti	115	7	5.19 ±0.14
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
5	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
NF	1970 02 09 07:39	MERCATO SARACENO	30	5-6	4.63 ±0.29
3	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
3	1984 04 22 17:39	LIVORNO	39		4.64 ±0.09
2-3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09

*Catalogo dei terremoti storici (IGNV – BDMI11) zona di Castelfiorentino (FI) –*



Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Certaldo	IT	14	9km
Montaione	IT	9	7km
Montespertoli	IT	4	10km

### 7.3. – Caratterizzazione superficie topografica

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare classificazione di cui alla Tab. 3.2.IV del D.M.14.01.2008. Nei presenti casi (entrambi), le zone soggette ad intervento sono associabili alla “categoria topografica T1”, avente fattore  $St = 1,0$  e corrispondente a “superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con pendenza media  $i \leq 15^\circ$ ”.

### 7.4 – Categoria del suolo di fondazione

Nel caso in esame il risultato della prospezione sismica con il metodo MASW, effettuata il 24 Maggio 2016, ha dato misura delle  $Vs30 = 412$  m/sec (All.1).

Dalla Masw compare che il bedrock sismico si trova a profondità intorno ai 47 metri dal p.c.

Considerando la profondità d'imposta massima delle fondazioni da realizzare (locale centralina) a circa 7.0 metri dall'attuale p.c. e quindi valutando le  $Vs30$  a partire da quella quota, il risultato sarà:

**Categoria di sottosuolo B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $Vs30$  compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu30 > 250$  kPa nei terreni a grana fina)

### 7.5. – Parametri e coefficienti sismici

Con l'entrata in vigore del D.M.14.01.2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $Vs30 > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio “sito dipendente”.

Come indicato e richiesto nell'Allegato A del D.M.14.01.2008, si danno di seguito i valori dei parametri (ag,  $F0$  e  $T^*c$ ) e dei coefficienti sismici utili al Progettista per ricostruire lo spettro di risposta elastico ed eseguire le verifiche SLU e SLE in condizioni sismiche, ovvero SLV (stato limite salvaguardia della vita), SLC (stato limite di prevenzione del collasso), SLO (stato limite di operatività) e SLD (stato limite di danno); tali parametri sono stati ricavati attraverso l'uso di un software della Geostru.

Di seguito si riporta la sintesi dei parametri di sito necessari ai fini del calcolo dell'azione sismica tramite l'applicazione del software sopradetto.

#### 7.5.1. – Sito locale cabina Enel

##### Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine:	43,649513
longitudine:	10,950424
Classe:	2
Vita nominale:	50

#### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20498	Lat: 43,6570Lon: 10,9333	Distanza: 1609,574
Sito 2	ID: 20499	Lat: 43,6584Lon: 11,0023	Distanza: 4290,730
Sito 3	ID: 20721	Lat: 43,6085Lon: 11,0043	Distanza: 6296,117
Sito 4	ID: 20720	Lat: 43,6070Lon: 10,9354	Distanza: 4883,470

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
 Categoria topografica: T1  
 Periodo di riferimento: 50anni  
 Coefficiente cu: 1

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,044 g  
 Fo: 2,555  
 Tc\*: 0,246 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,055 g  
 Fo: 2,558  
 Tc\*: 0,255 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
 Tr: 475 [anni]  
 ag: 0,132 g  
 Fo: 2,501  
 Tc\*: 0,280 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
 Tr: 975 [anni]  
 ag: 0,166 g  
 Fo: 2,521  
 Tc\*: 0,285 [s]



Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,460  
St: 1,000  
Kh: 0,011  
Kv: 0,005  
Amax: 0,518  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,450  
St: 1,000  
Kh: 0,013  
Kv: 0,007  
Amax: 0,645  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,420  
St: 1,000  
Kh: 0,038  
Kv: 0,019  
Amax: 1,548  
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,000  
Kh: 0,048  
Kv: 0,024  
Amax: 1,958  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.648550

longitudine: 10.949436

### 7.5.2. – Sito locale turbina/canale di carico/scarico

#### Parametri sismici

##### Sito in esame.

latitudine:	43,649006
longitudine:	10,949061
Classe:	2
Vita nominale:	50

##### Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20498	Lat: 43,6570Lon: 10,9333	Distanza: 1548,010
Sito 2	ID: 20499	Lat: 43,6584Lon: 11,0023	Distanza: 4410,569
Sito 3	ID: 20721	Lat: 43,6085Lon: 11,0043	Distanza: 6331,916
Sito 4	ID: 20720	Lat: 43,6070Lon: 10,9354	Distanza: 4802,511

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente cu:	1

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
 Tr: 30 [anni]  
 ag: 0,044 g  
 Fo: 2,555  
 Tc\*: 0,246 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
 Tr: 50 [anni]  
 ag: 0,055 g  
 Fo: 2,558  
 Tc\*: 0,255 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,132	g
Fo:	2,501	
Tc*:	0,280	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,166	g
Fo:	2,521	
Tc*:	0,285	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,460
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,005
Amax:	0,518
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,450
St:	1,000
Kh:	0,013
Kv:	0,007
Amax:	0,645
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,420
St:	1,000
Kh:	0,038
Kv:	0,019
Amax:	1,549
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,410
St:	1,000
Kh:	0,048
Kv:	0,024
Amax:	1,959
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.648043  
longitudine: 10.948073

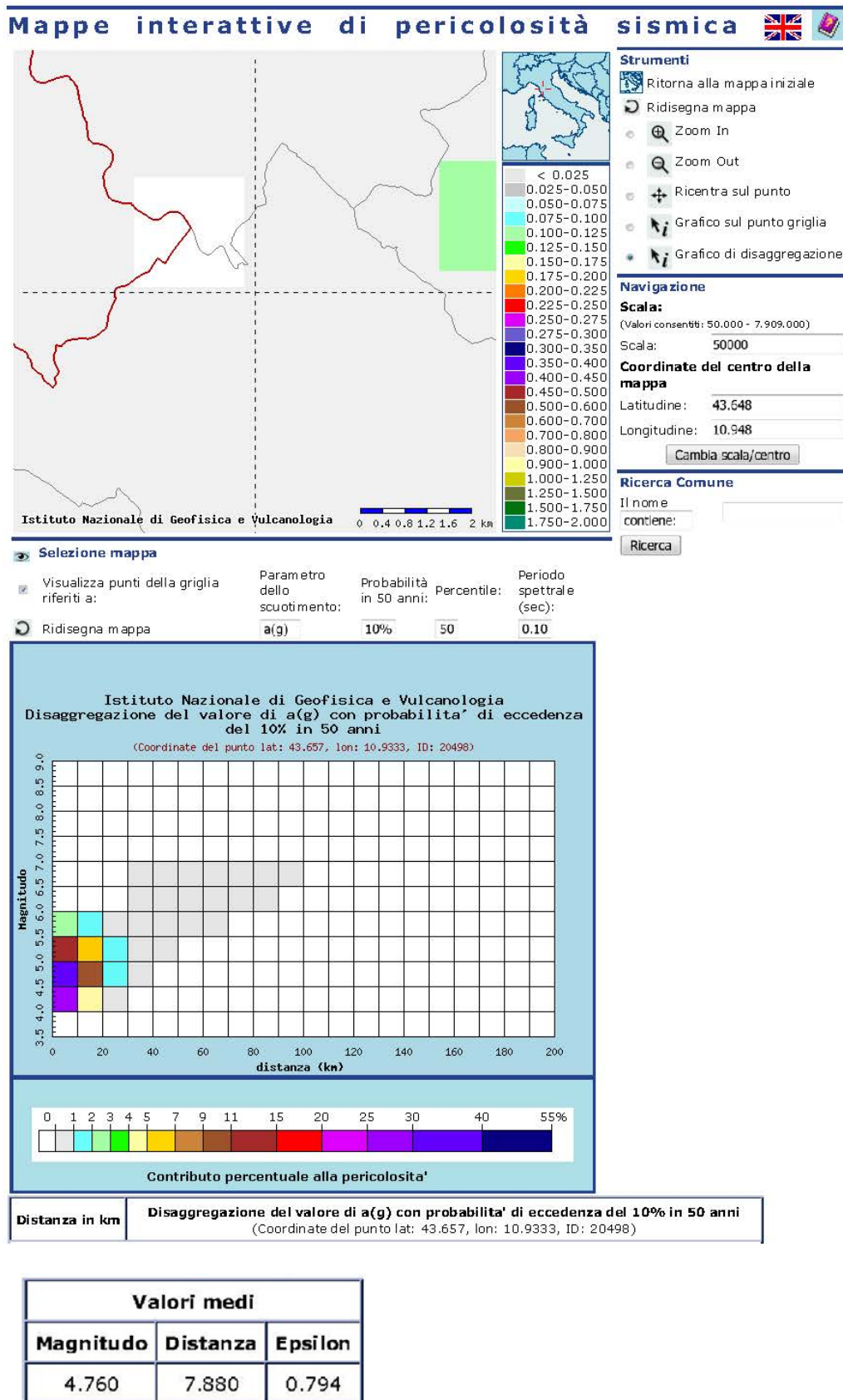
#### *7.6 – Suscettibilità alla liquefazione*

In presenza di un sottosuolo costituito da terreni saturi non coesivi va considerata la suscettibilità di tali terreni al fenomeno della liquefazione durante eventi sismici. Al verificarsi di tale fenomeno corrisponde una parziale o totale diminuzione del carico limite di fondazione e conseguentemente del coefficiente di sicurezza nei confronti del carico verticale, che dà luogo a cedimenti non accettabili. Perché sussista il rischio di liquefazione occorre che siano verificate le seguenti condizioni:

- granulometria uniforme nel campo delle sabbie medio-fini;
- terreni immersi in falda, e quindi saturi;
- stato di addensamento sciolto;
- pressione litostatica relativamente ridotta;
- scossa sismica di notevole intensità; ella normativa europea (Eurocodice 8) viene riportato che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:
  1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
  2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
  3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
  4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è la resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_1$  è il valore della resistenza determinata con le prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
  5. distribuzione granulometrica esterna alla zona indicata come sabbia monogranulare pulita.

Il grafico di disaggregazione della pericolosità sismica per la zona in oggetto (Dogana), visualizzato per valori di  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Progetto DPG – IGNV-S1), riporta una Magnitudo attesa di  $M = 4.760$ .

Si rimanda un eventuale valutazione della liquefazione dei terreni in fase di progetto esecutivo.



Il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica, che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare. Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente. In riferimento al paragrafo 7.11.3.4.2 del T.U – Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) si ritiene che i terreni che costituiscono il substrato di fondazione del manufatto in oggetto non siano suscettibili al fenomeno della liquefazione durante lo scuotimento sismico.

Tale considerazione deriva dalla presenza di terreni con un grado di addensamento molto-buono, attribuibili a "sabbia molto addensata" a partire da circa 3.0 metri dal p.c. per cui si esclude che si possano verificare aumenti della pressione interstiziale caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

## 8. – CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE DI MASSIMA E IMPATTI ATTESI

In merito agli scavi da realizzare per alloggio turbina e canali si prescrive la preventiva perimetrazione della superficie di lavorazione mediante un palancolato realizzato con palancole in acciaio infisse nel terreno, soluzione progettuale che permetterà di:

- sorreggere le pareti dello scavo e quindi lavorare in sicurezza, vista anche la presenza della falda di cui, ad oggi, non si conosce l'effettiva profondità;
- salvaguardare il manufatto posto sulla sommità della sponda destra;
- annullare la problematica del possibile sifonamento di fondo scavo

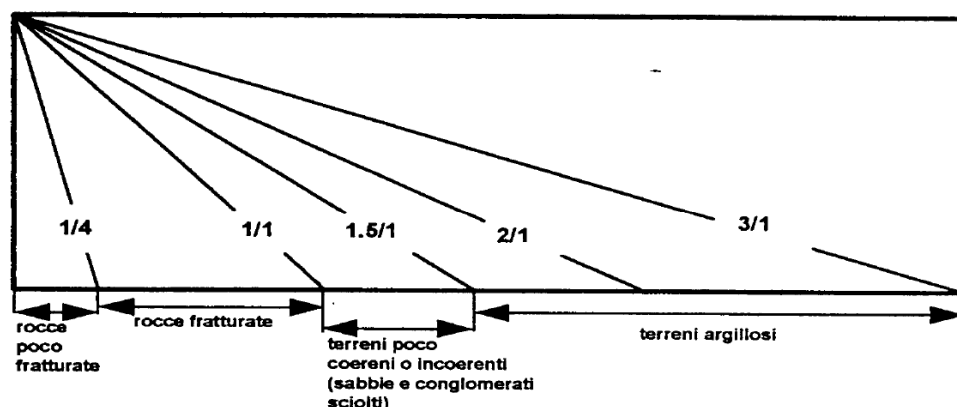
Internamente a questa area, in fase di cantiere, sarà valutata l'eventualità dell'installazione di un impianto di sollevamento del tipo wellpoint, per consentire l'abbassamento del livello delle acque all'interno del bacino (ad oggi non è stato possibile valutarne l'effettiva profondità) fino alla quota di fondo scavo e consentire l'esecuzione dei getti di fondazione in assenza di acqua.

A tale proposito, in fase di progetto esecutivo, saranno eseguite le dovute considerazioni in merito alle problematiche idrogeologiche connesse agli interventi e sarà dimensionato un opportuno sistema di drenaggio ad anello finalizzato all'abbassamento del livello di falda (well points).

La soluzione dell'infissione delle palancole inoltre eviterà:

- sbancamenti di terreno con angoli di scarpa troppo bassi con l'orizzontale, necessari per conferire stabilità al fronte di scavo in funzione della tipologia del terreno presente, caratterizzato da limi-sabbiosi alternati a limi-argillosi, con angoli di attrito tra 26 e 32°;
- una eccessiva movimentazione di materiale;





Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi dovranno essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque e non dovranno essere posti in prossimità di fronti di scavo, per evitare sovraccarichi sui fronti stessi.

Sulla base delle indagini geognostiche ad oggi condotte, gli interventi connessi alla realizzazione dell'impianto idroelettrico (apertura aree di cantiere, infissione di palancole, abbassamento del livello di acqua mediante well-points, scavi ecc....), se correttamente eseguiti, non sembrano poter alterare significativamente le preesistenti condizioni di stabilità né l'assetto geomorfologico ed idrogeologico dell'area.

L'intervento in progetto non interferirà in alcun modo con il primo acquifero profondo (prof.15-20), quello cioè destinato al consumo potabile della risorsa.

Si ritiene inoltre che le opere di progetto non avranno interferenza con la permeabilità del terreno, se non limitatamente alle fasi di cantiere, poiché post-operam le condizioni idrogeologiche, il regime idraulico e l'interazione fiume-falda (superficiale) ritroveranno la loro stabilità naturale.

Tale considerazione deriva dal fatto che l'acquifero superficiale presenta un livello piezometrico che, da dati bibliografici, si aggira tra i 5.0 e i 8.0 metri dal p.c. e che può variare stagionalmente; non presenta pressione idraulica significativa tale da creare problemi per la realizzazione degli scatolari in progetto. Inoltre questo acquifero alimentato dal fiume Elsa presenta continuità laterale ed è presente in maniera continuativa sulla pianura alluvionale nei dintorni del fiume Elsa, pertanto si esclude che lo scavo e quanto in progetto possano comportare limitazioni all'alimentazione dell'acquifero, alla luce anche dell'infissione temporanea delle palancole.

## 9 – CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA PRODUZIONE DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

Infine, si ricorda che fino alla pubblicazione in G.U. del D.P.R. saranno valide le norme in vigore previste dall'art. 41 bis del D.L. n. 69/2013, dal D.M. n. 161/2012 e dal D. Lgs. n. 152/06. Dalla data di entrata in vigore del DPR saranno, quindi, abrogati il D.M. 161/12, l'art. 184-bis c. 2-bis del D.lgs. 152/06, l'art. 266 c. 7 del D.Lgs. 152/06, l'art. 3 c. 1 del D.L. 2/12, gli artt. 41 cc. 2-3 lett. a) e 41-bis del D.L. 69/13.

Sono, ovviamente, fatti salvi i procedimenti avviati sotto il regime previgente che, alla data di entrata in vigore del DPR risultano già in corso o siano addirittura già conclusi.

Per quanto riguarda la questione delle terre e rocce da scavo la norma è sempre in divenire; a tale proposito si ricorda che dal 21 agosto 2013 era cambiata la norma di riferimento per utilizzare come sottoprodotti i materiali da scavo di tutti i cantieri (piccoli compresi). Fanno eccezione solo quelli sottoposti a Valutazione integrata ambientale (di seguito VIA) o Autorizzazione integrata ambientale (di seguito AIA) che per quantitativi superiori ai 6000 mc rimangono sottoposti al regolamento di cui al DM 161/2012 che prevede la presentazione del Piano di Utilizzo. Nuove disposizioni sono contenute nell'articolo 41-bis (Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo) del "Decreto del fare", convertito nella legge 98/2013, in vigore dal 21 agosto 2013.

In base all'articolo 41 bis i materiali da scavo vengono sottoposti al regime di cui all'articolo 184-bis del Dlgs 152/2006 (quindi al regime dei sottoprodotti e non a quello dei rifiuti) per qualunque quantitativo, proveniente da cantieri, le cui opere non sono soggette ad AIA o VIA, ma anche per quantità inferiori o uguali ai 6000 mc e opere soggette a VIA ed AIA. Tutto ciò a condizione che il produttore attesti, attraverso una dichiarazione (dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi del DPR 445/2000) alle sedi ARPAT territorialmente competenti, alcune condizioni fondamentali.

Laddove si intenda riutilizzare il materiale di scavo direttamente in situ (medesimo intervento edilizio, medesima area di cantiere), la norma segue l'art. 185 comma 1 lett. c-bis del d. lgs. n. 152/2006, ovvero:

*"Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)*

*c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato";*

Il giorno 14 Luglio 2016 il Consiglio dei Ministri (n.123) ha approvato, in esame definitivo, uno schema di decreto del presidente della repubblica recante la "Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164".

Nello specifico, il provvedimento definisce un quadro normativo di riferimento completo, chiaro e coerente con la disciplina nazionale e comunitaria, assorbendo in un testo unico le numerose disposizioni oggi vigenti che disciplinano la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo.

Il decreto nello specifico ha per oggetto:

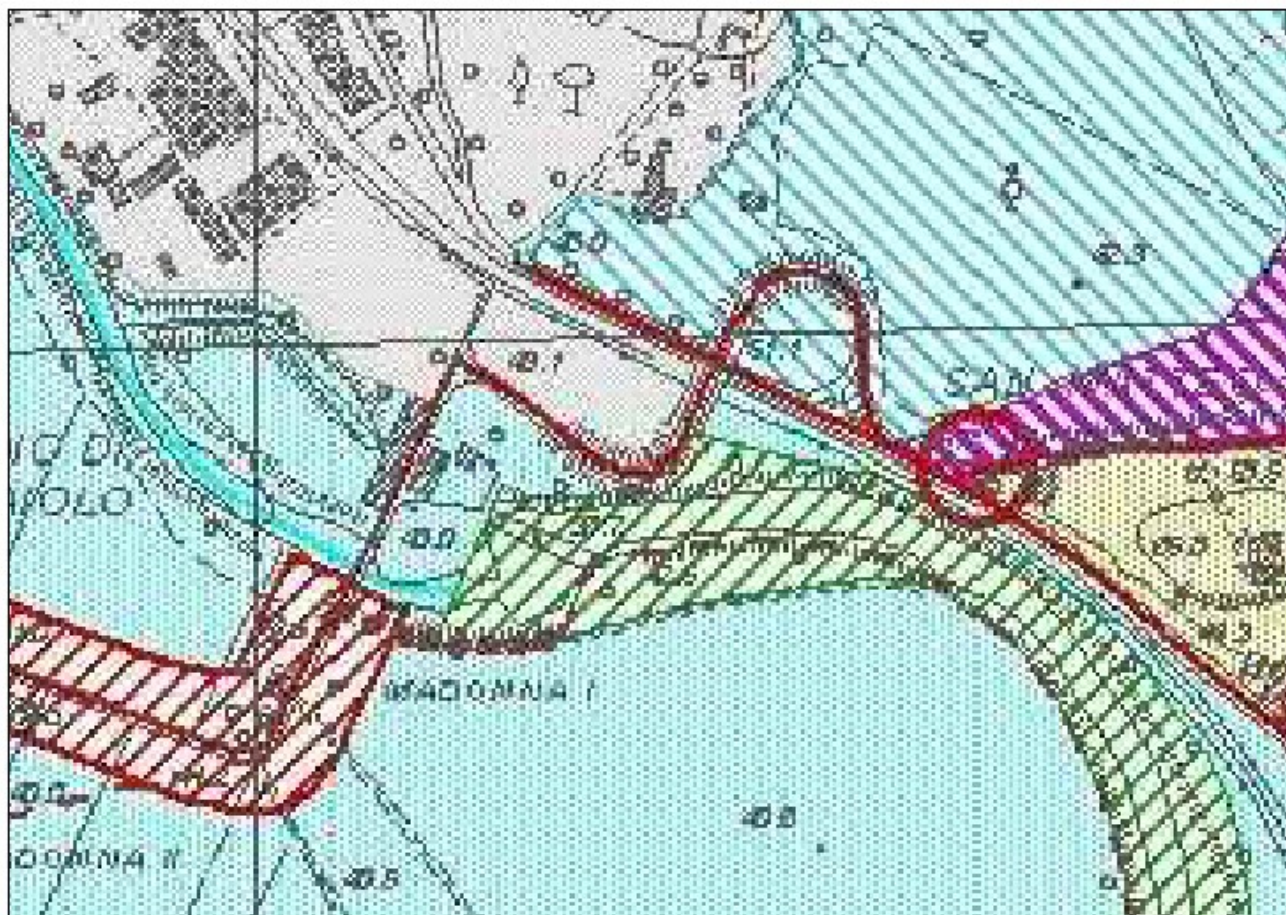
- la gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti provenienti da cantieri di piccole e grandi dimensioni;
- la disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo;
- l'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;
- la gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica.

Si ricorda comunque che fino alla pubblicazione sulla G.U. del D.P.R. saranno valide le norme in vigore previste dall'art. 41 bis del D.L. n. 69/2013, dal D.M. n. 161/2012 e dal D. Lgs. n. 152/06.

Sono, ovviamente, fatti salvi i procedimenti avviati sotto il regime previgente che, alla data di entrata in vigore del DPR risultano già in corso o siano addirittura già conclusi.

In riferimento al presente progetto e alle tavole di cantiere redatte dal geom. Fabio Scarpellini, alle quali si rimanda per maggiori dettagli, le terre e rocce da scavo prodotte nell'ambito del suddetto progetto, di volume lordo inferiore ai 6000 mc ("piccolo cantiere"), verranno riutilizzate nello stesso sito di produzione.

In base alla volumetria di materiale escavato, inferiore a 6000 mc e all'attuale destinazione del sito, definito nell'ambito dello strumento urbanistico vigente (Variante al RU 2007 Comune di Castelfiorentino) come "area a verde pubblico" come "parco fluviale" e "E1 – sistema fluviale" si presuppone che il suolo si trovi "allo stato naturale" ovvero non abbia avuto contaminazioni causate da attività urbane o industriali, per cui possa, come dice la definizione, essere " riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato".



UTOE del sistema insediativo				
		Sistema fluviale	Arete di verde pubblico	Esistenti Di progetto Parco fluviale
		Sistema dei crinali collinari		
		Arete delle colline nude	Attrezzature di interesse comune	Esistenti Di progetto
UTOE del territorio aperto		Sistema delle aree di raccordo tra E1 - E2		
		Arete agricole periferiche	Cimiteri	Esistenti Di progetto
		Arete morfologicamente deboli		
		Corridoi biologici		
Attività sportive e ricreative, zone con normativa speciale			Impianti tecnologici	Esistenti Di progetto
Vivai, zone con normativa speciale			Servizi ed attrezzature di interesse sovracomunale	
Nuclei con previsione di completamento edilizio			Arete ferroviarie	
Nuovi edifici per attività turistico - ricettive		Viabilità di riferimento per le ubicazioni compatibili	Viabilità stradale, Provinciale, Comunale	Esistente Di progetto con corridoio infrastrutturale Incroci da potenziare
Nuovi campeggi, zone di ubicazione compatibili		Zone di intervento	Viabilità minore da valorizzare	Da valorizzare Da ripristinare
Attività produttive esistenti				

Stralcio estratto dalla Variante al RU (2007) Comune di Castelfiorentino

Al fine di accertare lo “stato naturale” del materiale escavato, in fase esecutiva e quindi con l’inizio dei lavori di scavo mediante l’uso di macchine escavatrici, potrà essere prelevato n.1 campione di terreno su cui eseguire le opportune analisi chimiche secondo la Tab.1 All. 5 Tit. V p. IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Le modalità di prelievo ed il risultato delle analisi saranno comunicate all’ufficio Arpat competente.

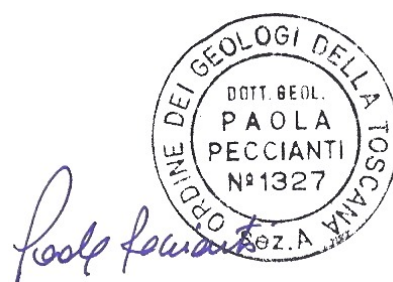
#### Set minimo parametri

PARAMETRO	Tabella 1 All. 5 titolo V parte IV del D.Lgs. 152/06 (CSC)	
	- COLONNA A - SITI USO VERDE PUBBLICO, PRIVATO E RESIDENZIALE (mg/kg ss)	- COLONNA B - SITI USO COMMERCIALE E INDUSTRIALE (mg/kg ss)
ARSENICO	20	50
CADMIO	2	15
COBALTO	20	250
NICHEL	120	500
PIOMBO	100	1000
RAME	120	600
ZINCO	150	1500
MERCURIO	1	5
IDROCARBURI C > 12	50	750
CROMO TOTALE	150	800
CROMO VI	2	15
AMIANTO	1000	1000
BTEX (*)	1	100
IPA(*)	10	100

Per i macchinari utilizzati, metodologia di scavo ed i quantitativi precisi di materiale movimentato si rimanda agli elaborati di cantiere (geom F. Scarpellini).

Gennaio 2017

dott. Geol. Paola Peccianti



## BIBLIOGRAFIA

- *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;*
- *REGIONE TOSCANA - BANCA DATI GEOLOGICI (2005);*
- *Indagini geologico-tecniche di supporto al Strutturale del Comune di Castelfiorentino (Studio Geologico dott. Murratzu, anno 2000)*
- *Modellazione sismica e stabilità alla liquefazione ([quaderno di approfondimento alle Linee Guida NTC 08 Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi, P. Barsanti –C. Civelli).*
- *Potenzialità sismica della toscana e definizione dei criteri di priorità per interventi di prevenzione (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbroni; Regione Toscana, 2012)*
- *Pozzo ad uso acquedottistico in loc. Pontone (Acque Ingegneria srl, dott Cempini Nicola – Pozzo Balducci bis – Ottobre 2007)*



Area in oggetto

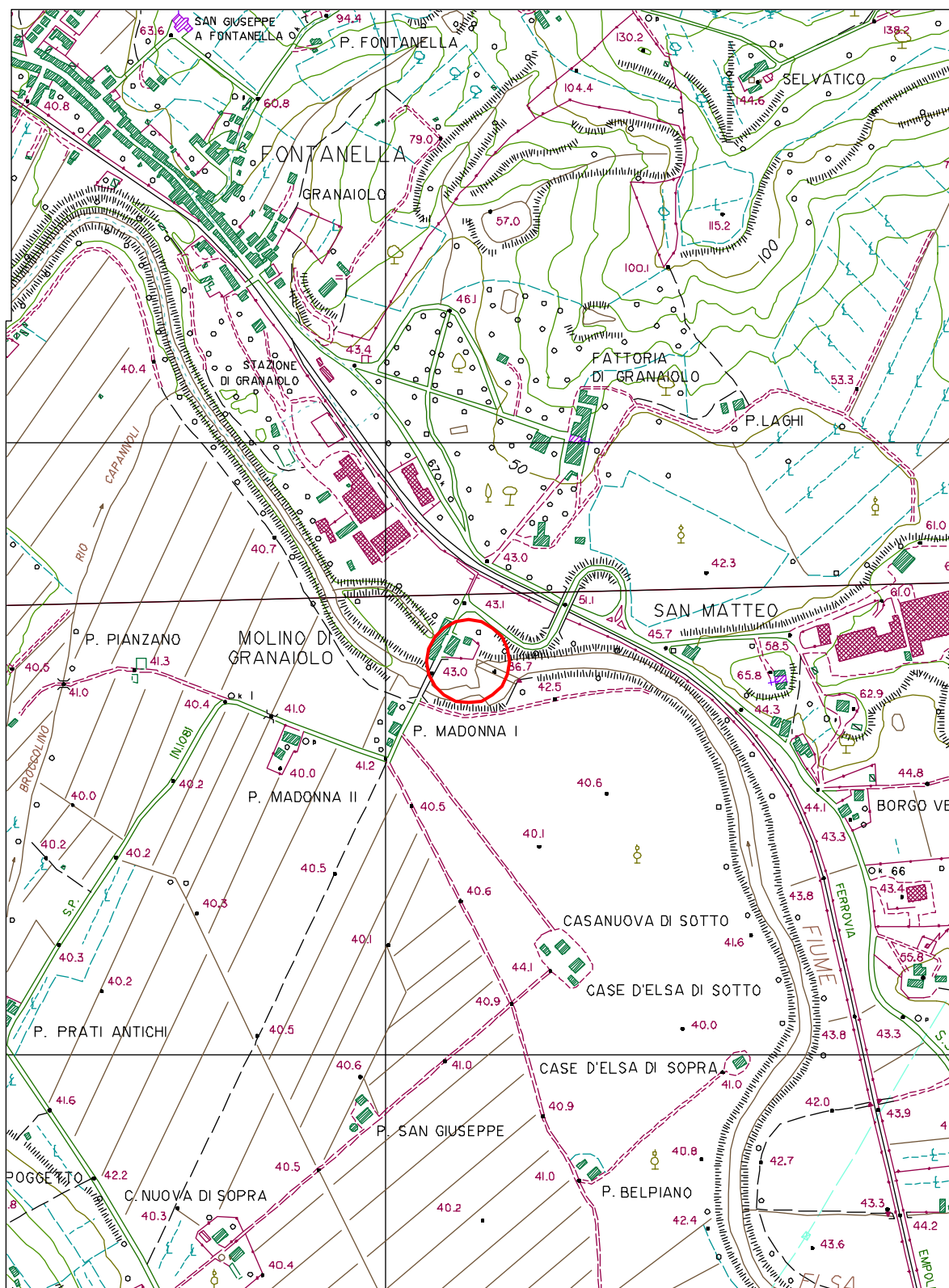
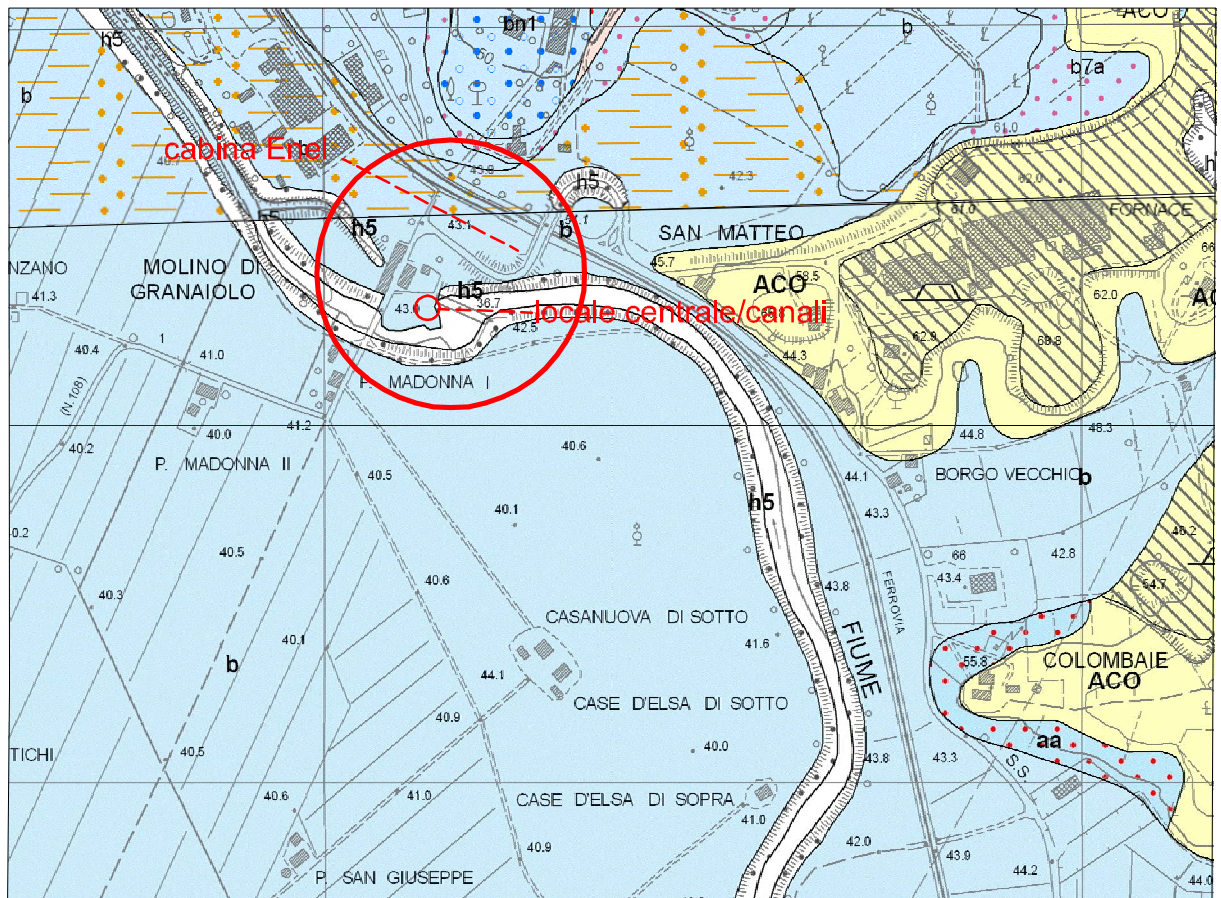


FIG. 2 CARTA GEOLOGICA  
(C.A.R.G. REGIONE TOSCANA - scala 1:10.000)



#### DEPOSITI QUATERNARI

- Terrapieni o rilevati (h5)
- Depositi di versante (aa)
- Depositi alluvionali attuali (b)
- Depositi alluvionali attuali: ghiaie e sabbie prevalenti (bc)
- Depositi alluvionali attuali: sabbie e limi prevalenti (be)
- Depositi alluvionali attuali: argille e limi prevalenti (bf)

#### DEPOSITI MARINI DEL BACINO DELL'ELSA - PESA - CERRETO GUIDI

- Argille e sabbie di Cerreto Guidi - ACO  
Argille e argille limo-sabbiose sia di piana deltizia che di ambiente di mare poco profondo, con intercalazioni di sabbie e sabbie argillose (ACO1) passanti a ghiaie sabbiose (ACO2), di ambiente fluviale e fluvio-deltizio; alla base argille azzurre in facies salmastra (ACO3) (PLIOCENE INF. - MEDIO)
- Argille azzurre - FAA  
Argille e argille limose grigio-azzurre massicce, con abbondanti fossili marini di ambiente relativamente profondo (PIACENZIANO)



Area in progetto con ubicazione del locale centrale/canali e cabina Enel

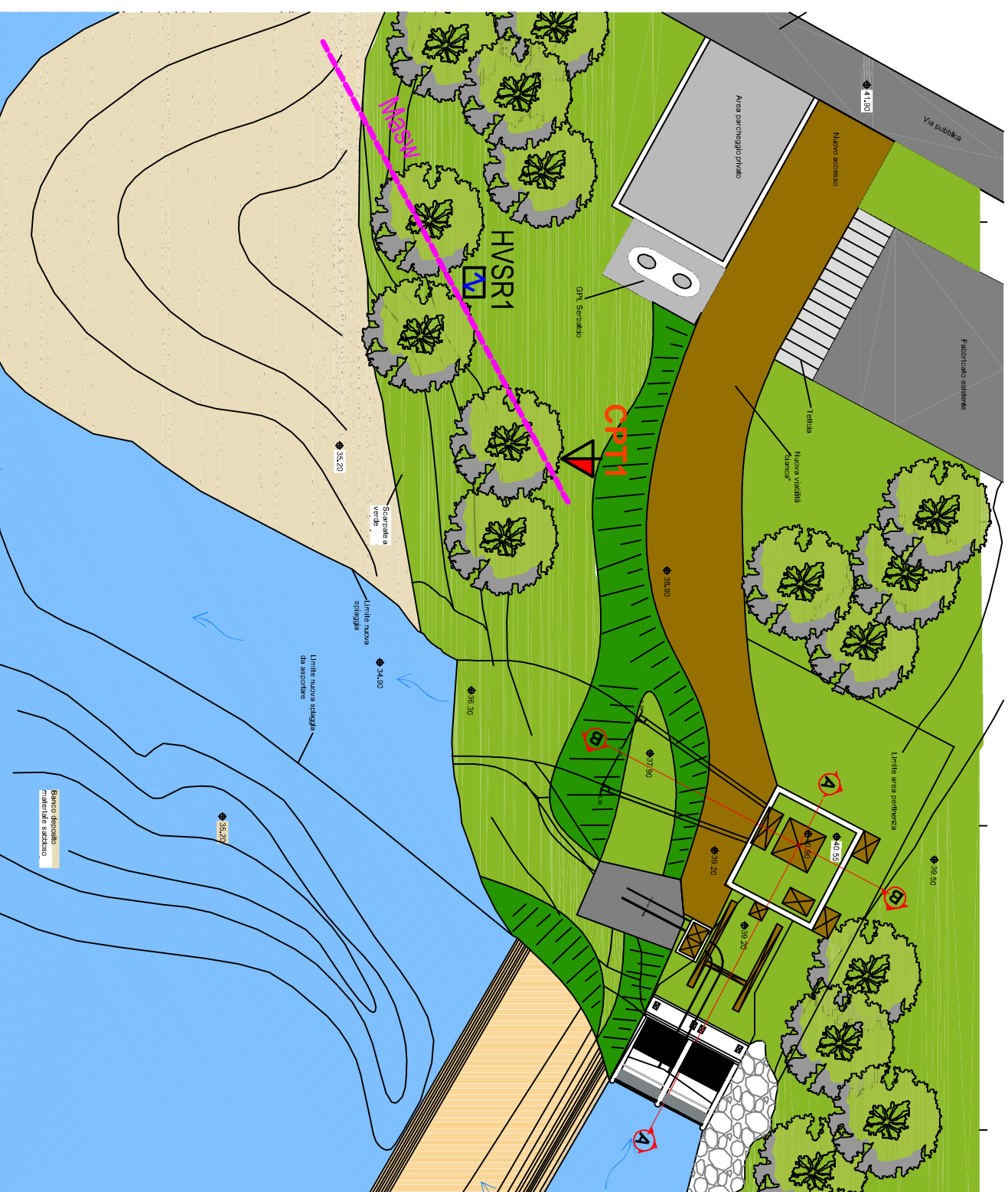


FIG. 3 A - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITU

su immagine satellitare (fuori scala)

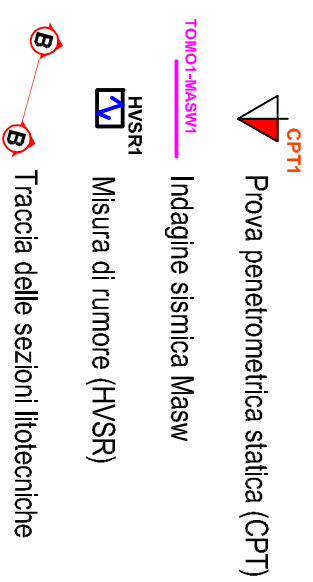


Su stato di progetto (scala 1:400)



## UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITU (svolte in occasione del presente lavoro)

(svolte in occasione del presente lavoro)



**TOMO1-MASW1** **Indagine sismica Masw**

## Indagine sismica Masw



Misura di rumore (HVSR)



## Traccia delle sezioni litotecniche



FIG. 3 B - SEZIONI LITOTECNICHE INTERPRETATIVE  
(su stato di progetto - Scala 1 : 1:150)

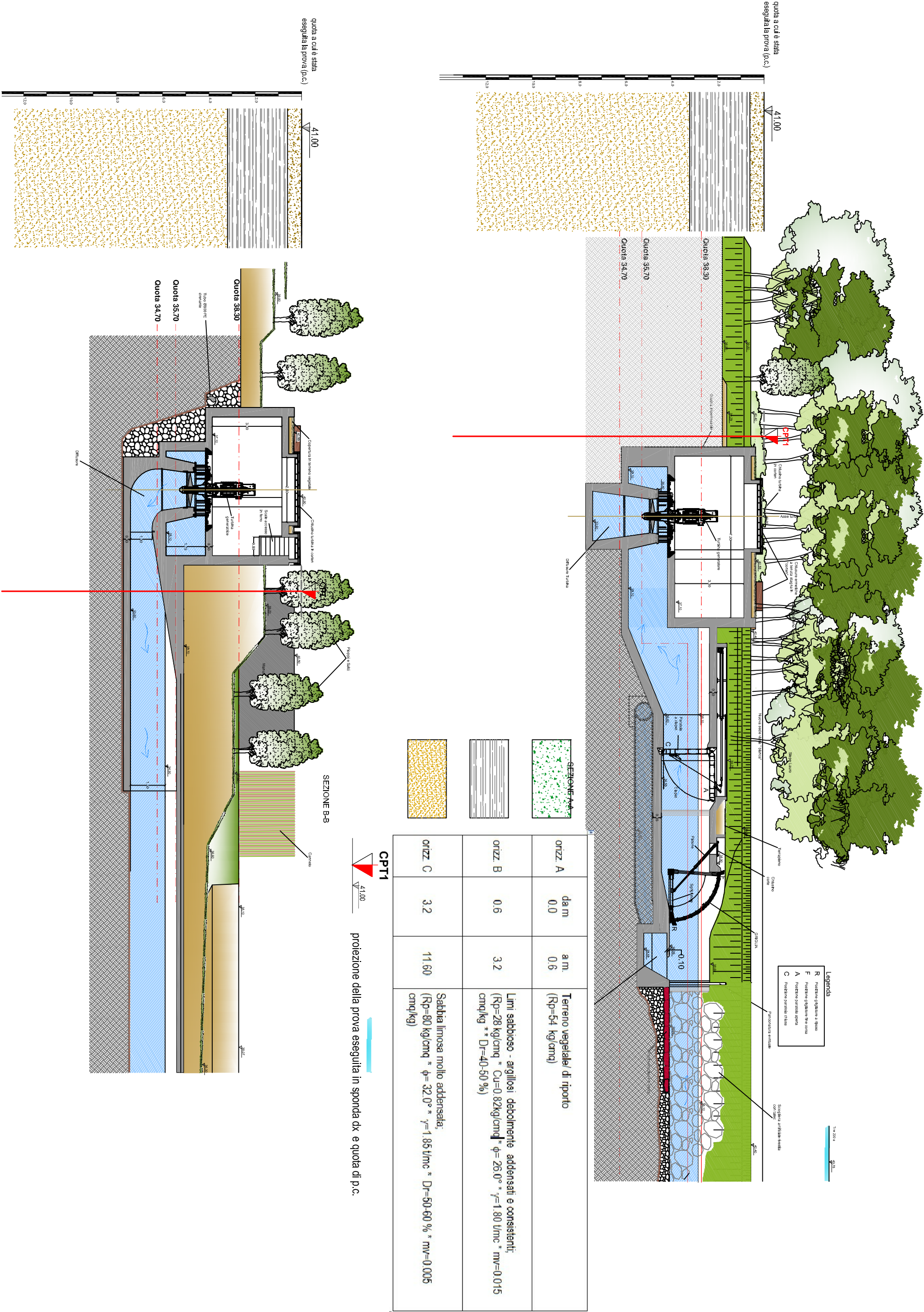
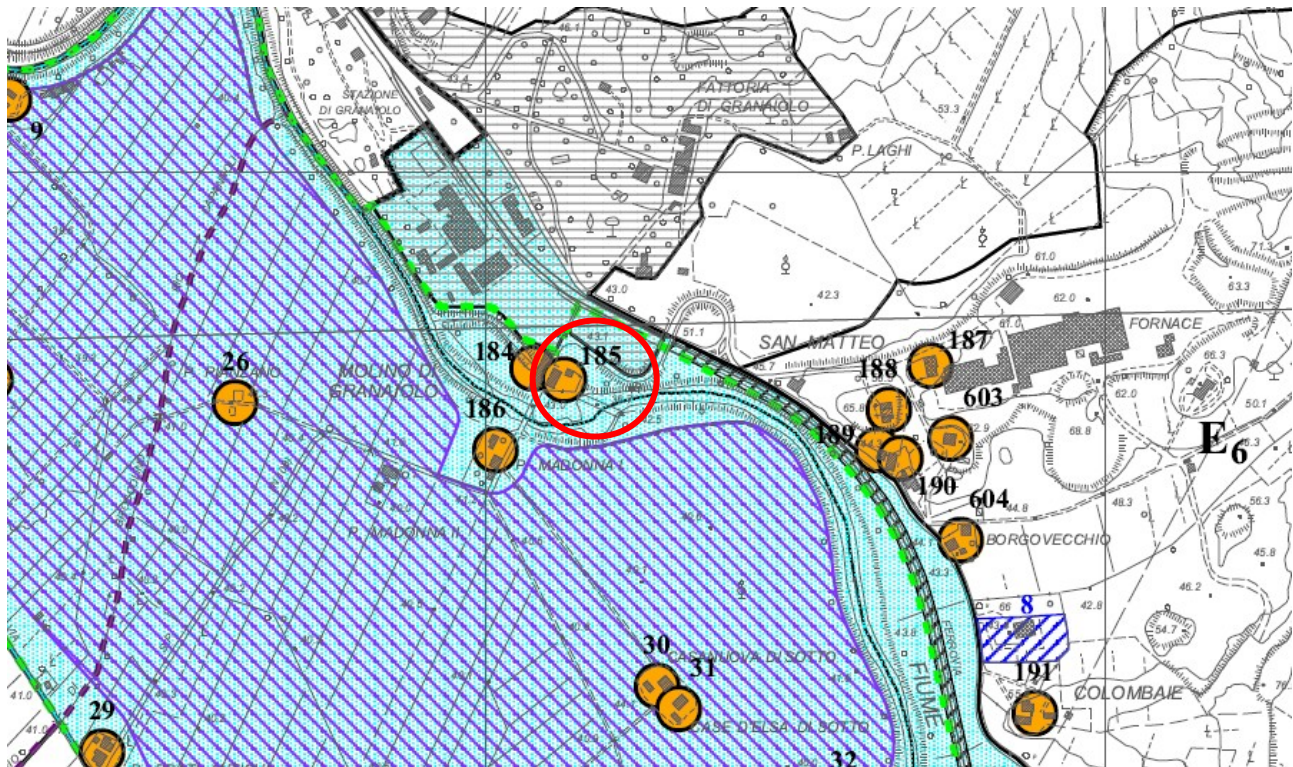











FIG.4 - CARTA DEI VINCOLI DI PIANO  
(RU Castelfiorentino – carta B - fuori scala)



UTOE dei sistemi insediativi



Aree sottoposte a vincolo  
(art.55 delle Norme Tecniche)

-  Aree sensibili soggette a rischio idraulico
-  Aree sensibili a termine
-  Aree per le opere di contenimento del rischio idraulico
-  Aree per l'espansione del campo pozzi
-  Ambiti per l'istituzione dei parchi
-  Aree fragili da sottoporre a programma di paesaggio
-  Aree di protezione paesistica

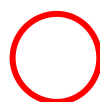
Aree e manufatti  
di interesse archeologico



Siti e manufatti  
di importanza ambientale

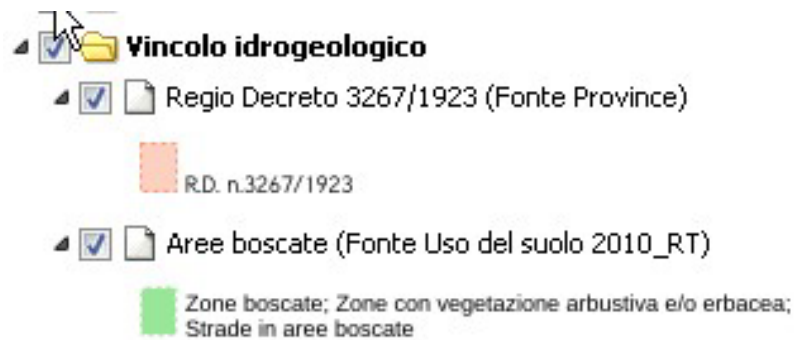
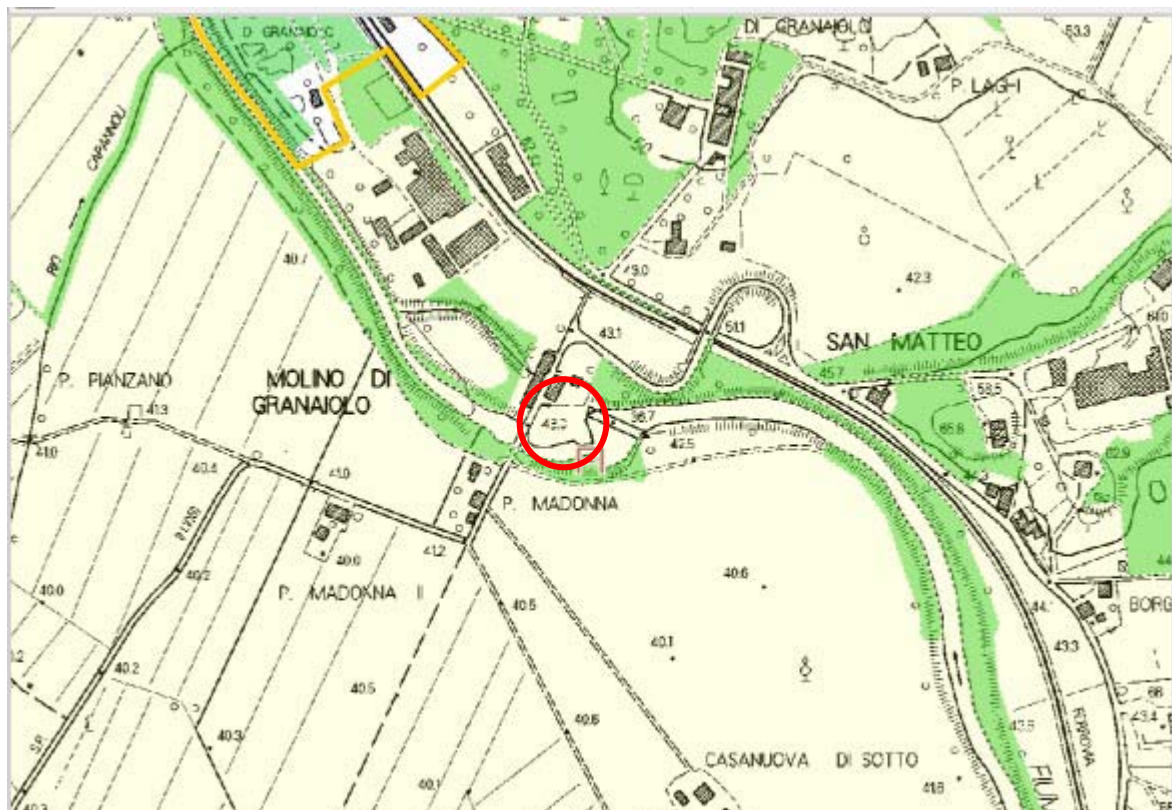


Edifici non compatibili  
con il contesto ambientale



Area di indagine

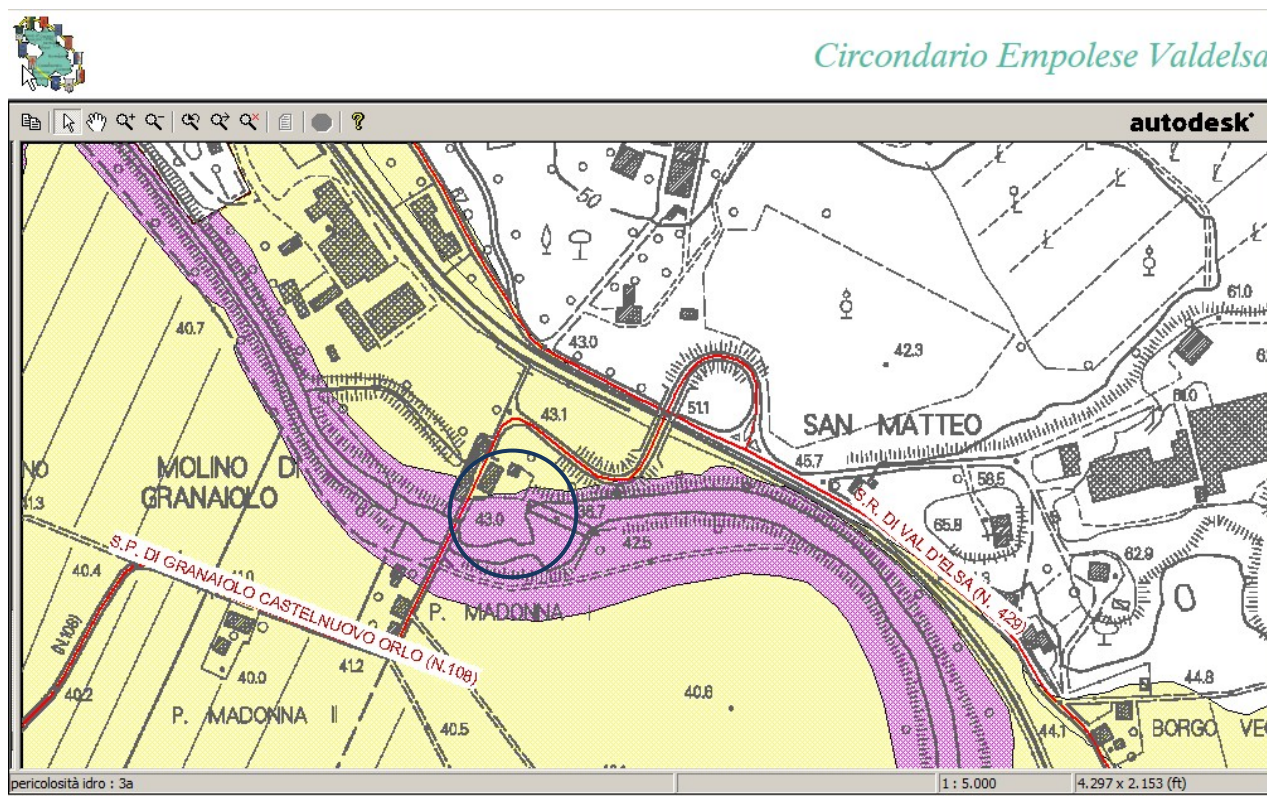
FIG.5 - CARTA DEL VINCOLOIDROGEOLOGICO  
(Geoscopio Regione Toscana – fuori scala)



Area di indagine



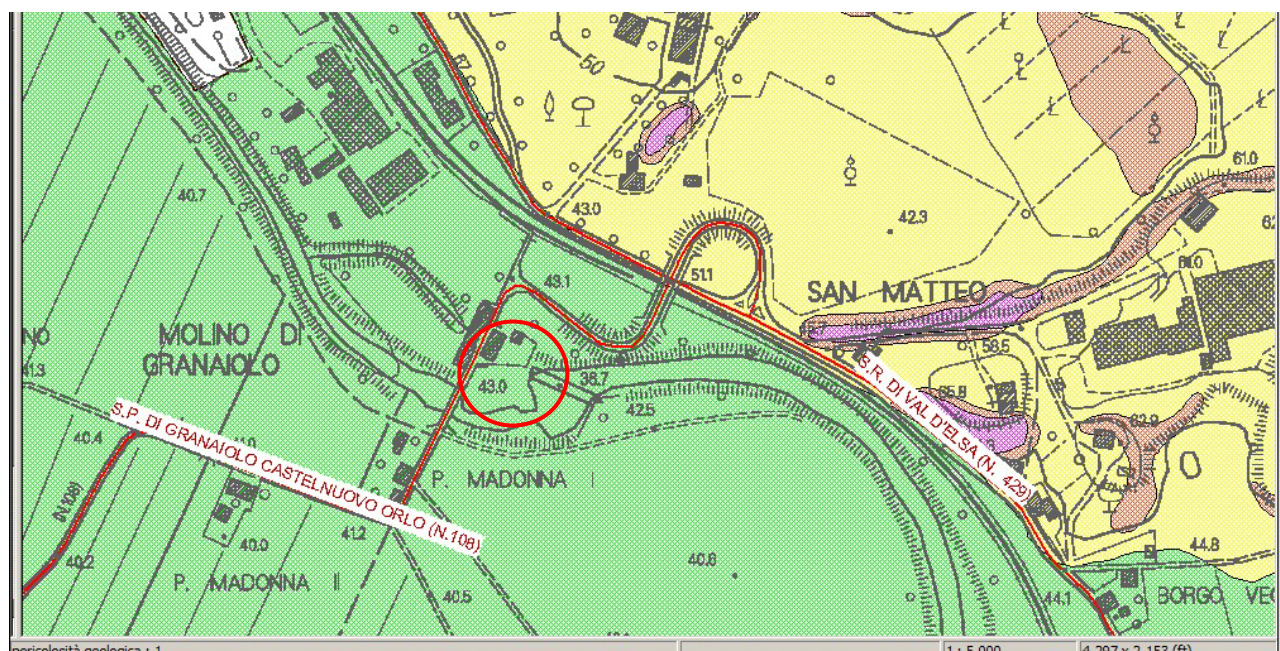
FIG.6 – CARTA DI PERICOLOSITA' IDRAULICA  
(da Unione dei Comuni Circondario Empolese-Valdelsa -PS Castelfiorentino - fuori scala)



Classe di Pericolosità Idraulica 4

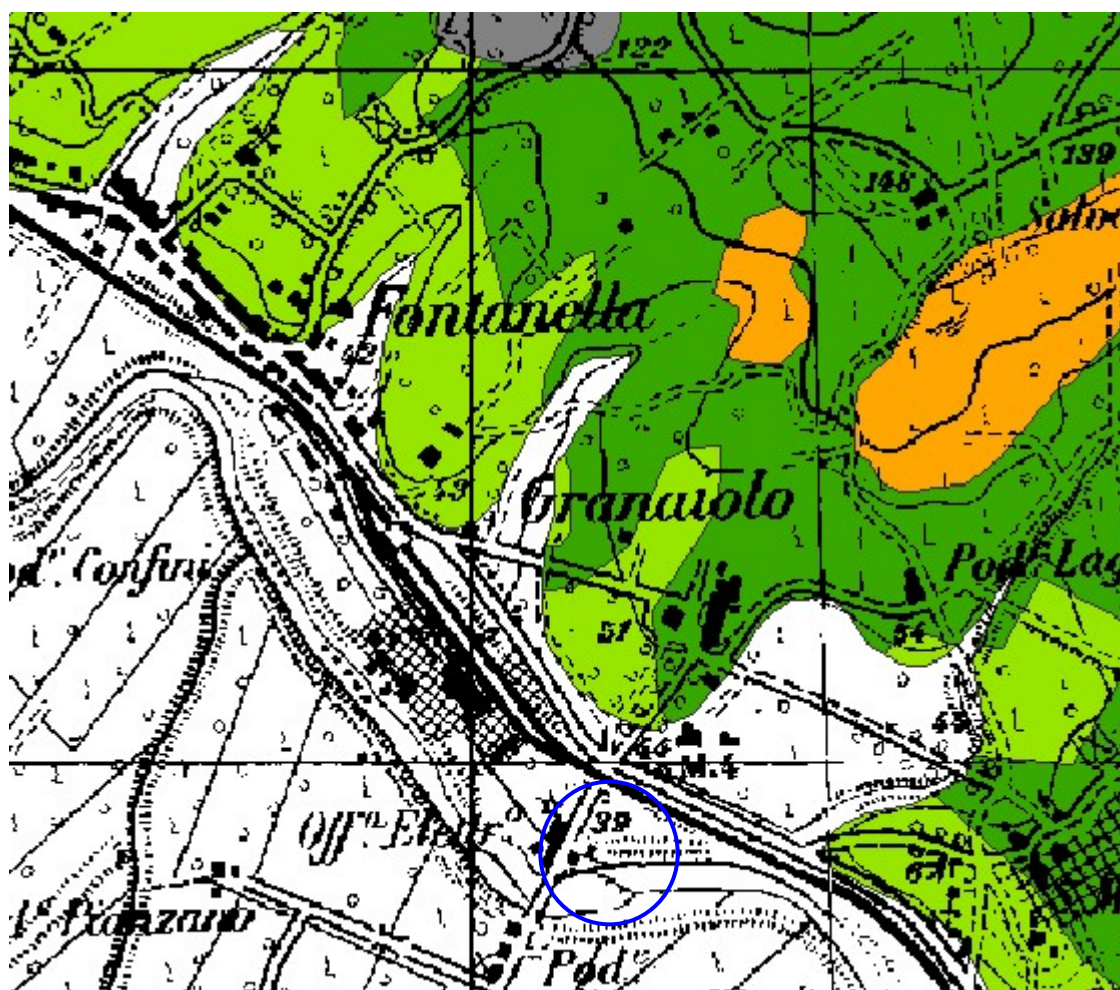


FIG.7 – CARTA DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA  
(da Unione dei Comuni Circondario Empolese-Valdelsa - PS Castelfiorentino - fuori scala)



Classe di pericolosità geomorfologica 1

FIG. 8 - PERIMETRAZIONE DELLE AREE CON PERICOLOSITA' DA FRANA  
(LIVELLO DI SINTESI - BACINO FIUME ARNO -P.A.I. - stralcio n.80 - fuori scala)



P.F.3 Aree a pericolosità elevata



P.F.2 Aree a pericolosità media



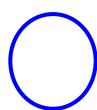
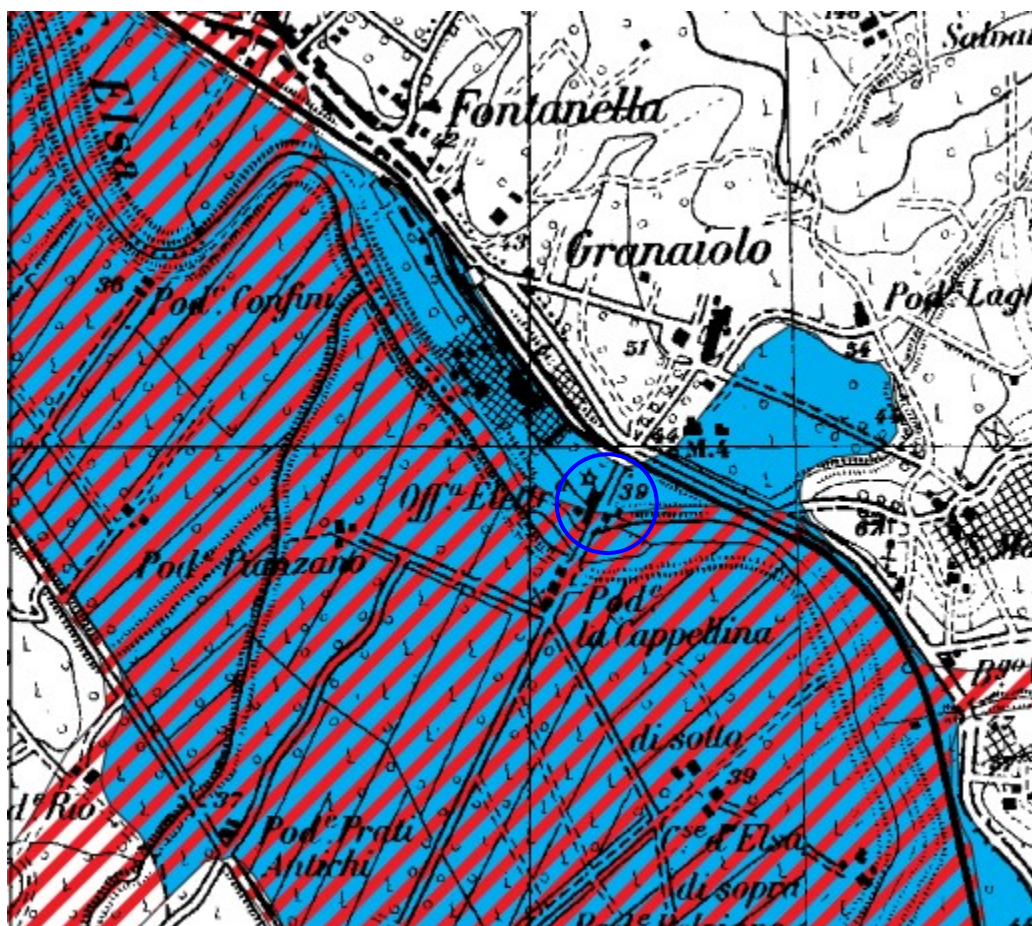
P.F.1 Aree a pericolosità moderata



Area di indagine



FIG. 9 – CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE  
(PIANO DI BACINO STRALCIO “RISCHIO IDRAULICO –  
BACINO FIUME ARNO – stralcio n.80 fuori scala)



Area di indagine



Aree interessate da inondazioni ricorrenti.

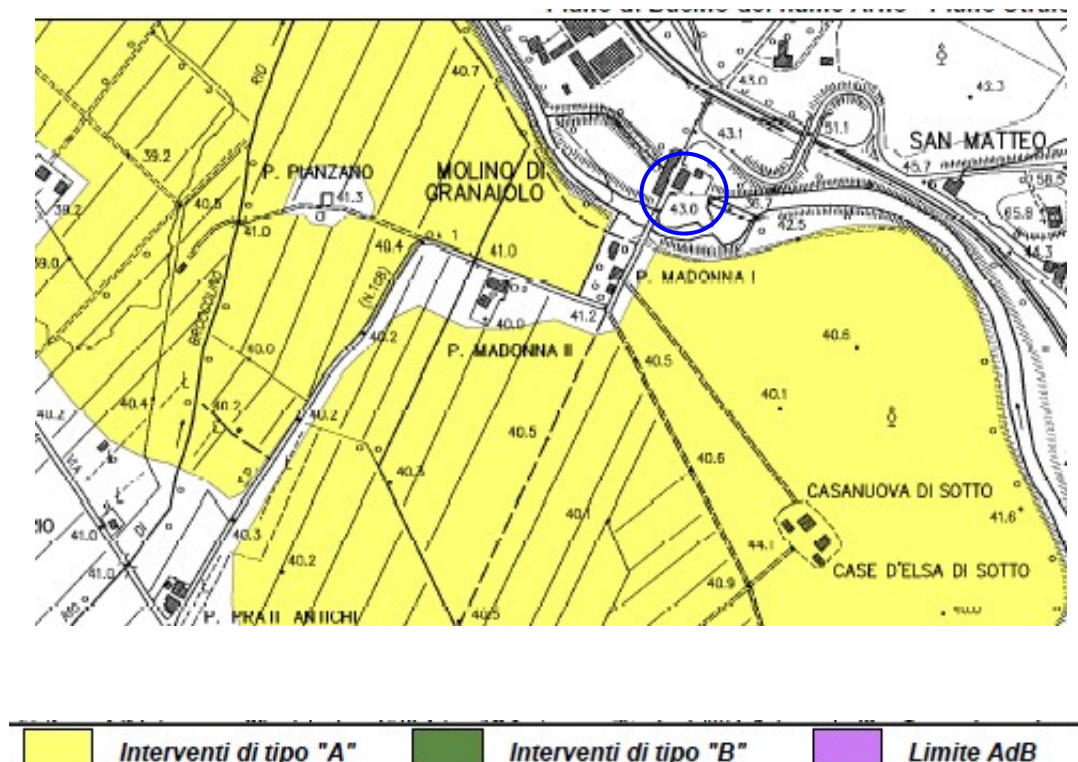


Aree interessate da inondazioni eccezionali.



Aree interessate da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991 - 1992 - 1993.

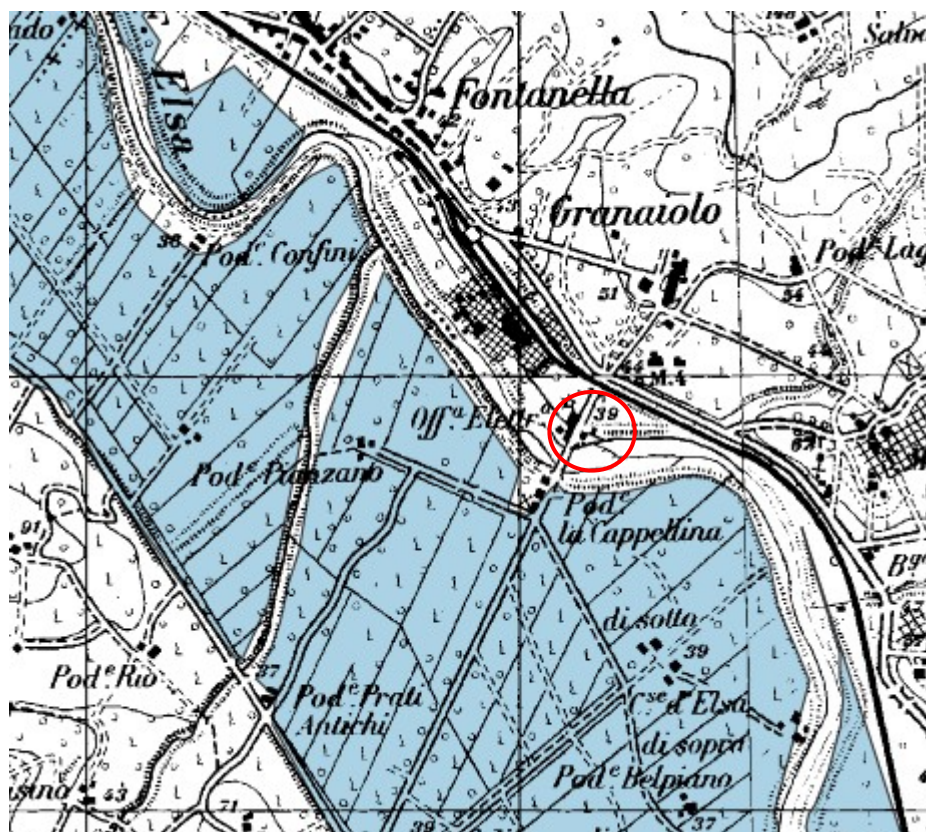
FIG. 10 – CARTA DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (PIANO DI BACINO STRALCIO “RISCHIO IDRAULICO – BACINO FIUME ARNO – stralcio n.465 fuori scala, aggiornamento 2015)




Area in studio



FIG. 11 – CARTA DELLE AREE DI PERTINENZA FLUVIALE DELL' ARNO E DEI SUOI  
AFFLUENTI (PIANO DI BACINO STRALCIO “RISCHIO IDRAULICO –  
BACINO FIUME ARNO – stralcio n.80 fuori scala)



 aree di pertinenza fluviale


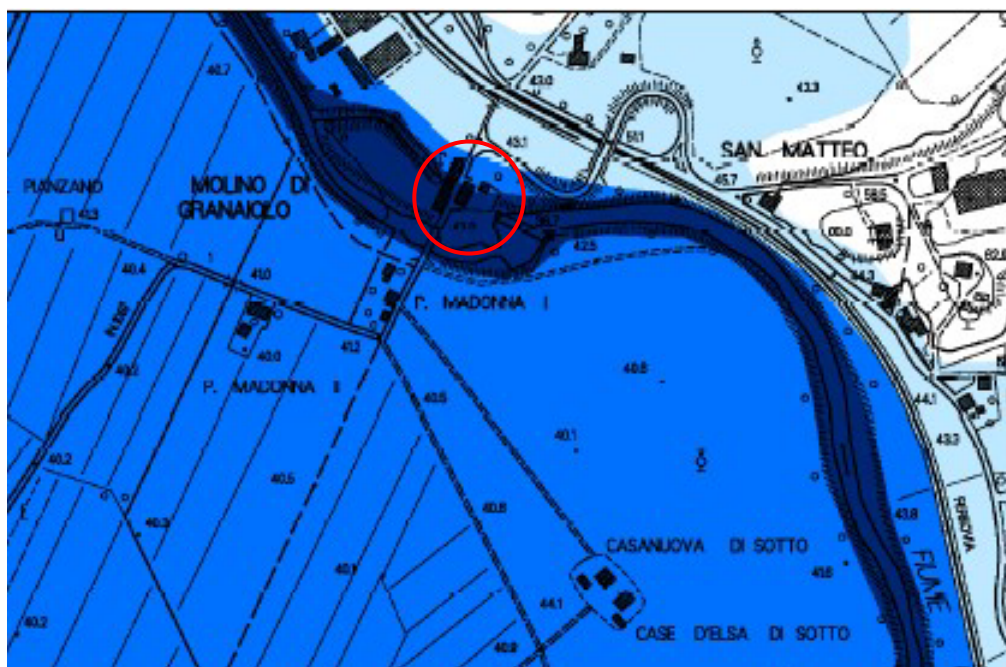
 Area in studio

FIG. 12 – MAPPA DI PERICOLSO A IDRAULICA  
(PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI BACINO FIUME ARNO – stralcio n.465 fuori scala)



**P1**
 **P2**
 **P3**

Area di indagine



Studio di Geologia  
**PAOLA PECCANTI**  
Dott. Geol. Paola Peccianti

Via di Tiglio 1688 | 55100 Lucca | Tel/Fax 0583 935959 | cell. 3471829261 | [paolapecianti@yahoo.it](mailto:paolapecianti@yahoo.it) | [paolapecianti@epap.sicurezzapostale.it](mailto:paolapecianti@epap.sicurezzapostale.it)

PROGETTO DI REALIZZAZIONE IMPIANTO IDROELETTRICO SUL FIUME ELSA, IN  
LOC. GRANAIOLO – COMUNE DI CASTELFIORENTINO

ALLEGATO 1  
INDAGINI IN SITU

ALL. 1: INDAGINI IN SITU:

- PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPT1)
- INDAGINE SISMICA MASW;
- MISURA DI RUMORE HVSR





Azienda Certificata  
ISO 9001:2008 N. 70Q16704  
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e  
geofisiche, ambientali, idrometriche"



## RELAZIONE TECNICA

Committente: MERS S.a.s.

Località: Granaioolo  
Castelfiorentino

Data Indagine: 08/07/2016

Codice lavoro: 160708a

### PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 - San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01966780502

Data elaborazione: 11/07/2016

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01966780502 N. REA PI - 145167

Codifica: PR 7.5 01\_08 Rev. 1 del 11/2011



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Figura 1: Prova penetrometrica CPT1**

# LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200 - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$  -  $h = 133 \text{ mm}$  -  $A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c (\text{kg/cm}^2) = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s (\text{kg/cm}^2) = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t (\text{kg/cm}^2) = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata 20 cm sopra la punta .

## CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

# LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:**  $F = (q_c / f_s)$

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$**

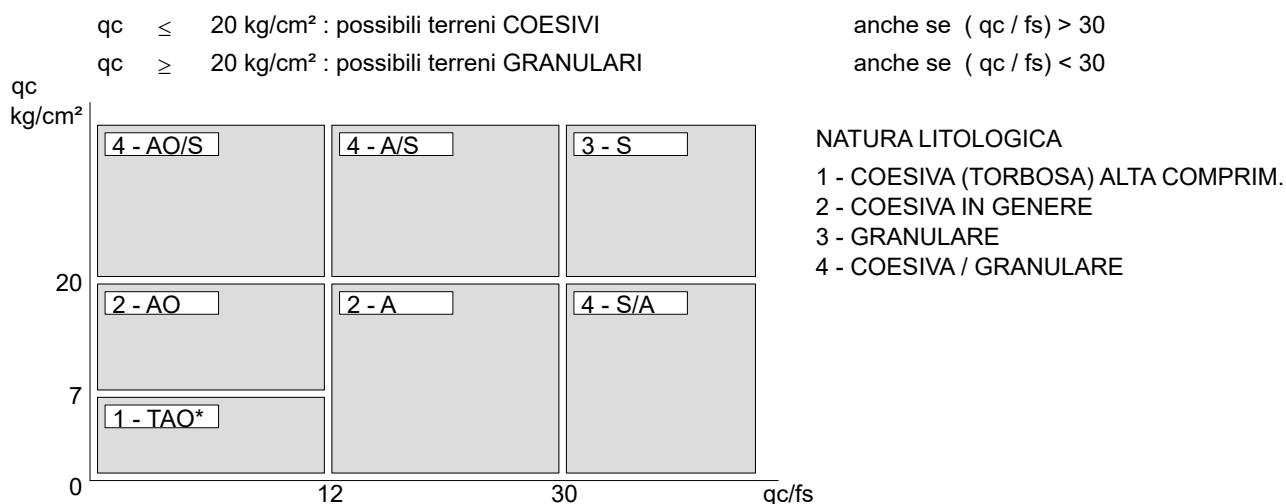
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $q_c / f_s$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $q_c$  - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  -  $q_c$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. : Eu -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $q_c$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. : Mo -  $q_c$  - natura]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni : Dr -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 ) ]
- $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  - Dr -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$  )  
 $\emptyset'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\emptyset'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\emptyset'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\emptyset'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\emptyset'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\emptyset'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) - Dr]
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( lyisan 1996 )

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**1**

riferimento

**160708a**

certificato n°

251/16

 Committente: **MERS S.a.s.**

 Cantiere: **160708a**

 Località: **Granaioolo - Castelfiorentino**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data esec.: **08/07/2016**

 Data certificato: **11/07/2016**

 Pagina: **1**

Elaborato:

Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0	0	0.00	0.47	0									
0.40	68.0	76	0	68.00	0.52	131	0.8								
0.60	38.0	43	0	38.00	0.60	63	1.6								
0.80	27.0	36	0	27.00	1.27	21	4.7								
1.00	32.0	51	0	32.00	1.00	32	3.1								
1.20	32.0	47	0	32.00	1.13	28	3.5								
1.40	20.0	36	0	20.00	1.09	18	5.5								
1.60	23.0	37	0	23.00	0.91	25	4.0								
1.80	15.0	24	0	15.00	0.63	24	4.2								
2.00	21.0	35	0	21.00	0.96	22	4.6								
2.20	22.0	39	0	22.00	1.11	20	5.0								
2.40	21.0	38	0	21.00	1.13	19	5.4								
2.60	23.0	43	0	23.00	1.30	18	5.7								
2.80	30.0	50	0	30.00	1.35	22	4.5								
3.00	29.0	54	0	29.00	1.65	18	5.7								
3.20	28.0	50	0	28.00	1.46	19	5.2								
3.40	68.0	96	0	68.00	0.47	145	0.7								
3.60	90.0	109	0	90.00	1.26	71	1.4								
3.80	50.0	60	0	50.00	0.70	71	1.4								
4.00	76.0	86	0	76.00	0.70	109	0.9								
4.20	41.0	53	0	41.00	0.83	49	2.0								
4.40	27.0	37	0	27.00	0.67	40	2.5								
4.60	38.0	53	0	38.00	1.02	37	2.7								
4.80	86.0	105	0	86.00	1.93	45	2.2								
5.00	26.0	36	0	26.00	0.70	37	2.7								
5.20	94.0	103	0	94.00	0.61	154	0.6								
5.40	47.0	53	0	47.00	1.00	47	2.1								
5.60	50.0	65	0	50.00	1.13	44	2.3								
5.80	97.0	114	0	97.00	1.67	58	1.7								
6.00	60.0	77	0	60.00	1.13	53	1.9								
6.20	97.0	114	0	97.00	1.33	73	1.4								
6.40	95.0	104	0	95.00	0.61	156	0.6								
6.60	69.0	75	0	69.00	0.93	74	1.3								
6.80	107.0	121	0	107.00	1.40	76	1.3								
7.00	108.0	129	0	108.00	1.00	108	0.9								
7.20	138.0	151	0	138.00	0.87	159	0.6								
7.40	107.0	120	0	107.00	0.67	160	0.6								
7.60	105.0	115	0	105.00	1.00	105	1.0								
7.80	64.0	79	0	64.00	0.47	136	0.7								
8.00	100.0	107	0	100.00	1.47	68	1.5								
8.20	101.0	111	0	101.00	0.70	144	0.7								
8.40	73.0	80	0	73.00	0.87	84	1.2								
8.60	32.0	40	0	32.00	0.52	62	1.6								
8.80	47.0	57	0	47.00	0.65	72	1.4								
9.00	23.0	28	0	23.00	0.33	70	1.4								
9.20	57.0	62	0	57.00	1.13	50	2.0								
9.40	58.0	81	0	58.00	1.57	37	2.7								
9.60	95.0	105	0	95.00	0.65	146	0.7								
9.80	120.0	126	0	120.00	0.80	150	0.7								
10.00	71.0	78	0	71.00	0.50	142	0.7								
10.20	81.0	94	0	81.00	0.87	93	1.1								
10.40	65.0	72	0	65.00	0.50	130	0.8								
10.60	94.0	103	0	94.00	0.61	154	0.6								
10.80	55.0	66	0	55.00	0.76	72	1.4								
11.00	52.0	61	0	52.00	0.33	158	0.6								
11.20	41.0	49	0	41.00	0.54	76	1.3								
11.40	60.0	65	0	60.00	0.33	182	0.6								
11.60	65.0	70	0	65.00	0.35	186	0.5								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta

fs = resistenza laterale calcolata

0.20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

 Lo sperimentatore: **Geol. Jacopo Martini**

 Il direttore laboratorio: **Geol. Jacopo Martini**

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**
**1**

riferimento

**160708a**

certificato n°

251/16

 Committente: **MERS S.a.s.**

 Cantiere: **160708a**

 Località: **Granaioolo - Castelfiorentino**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:60**

 Pagina: **1**

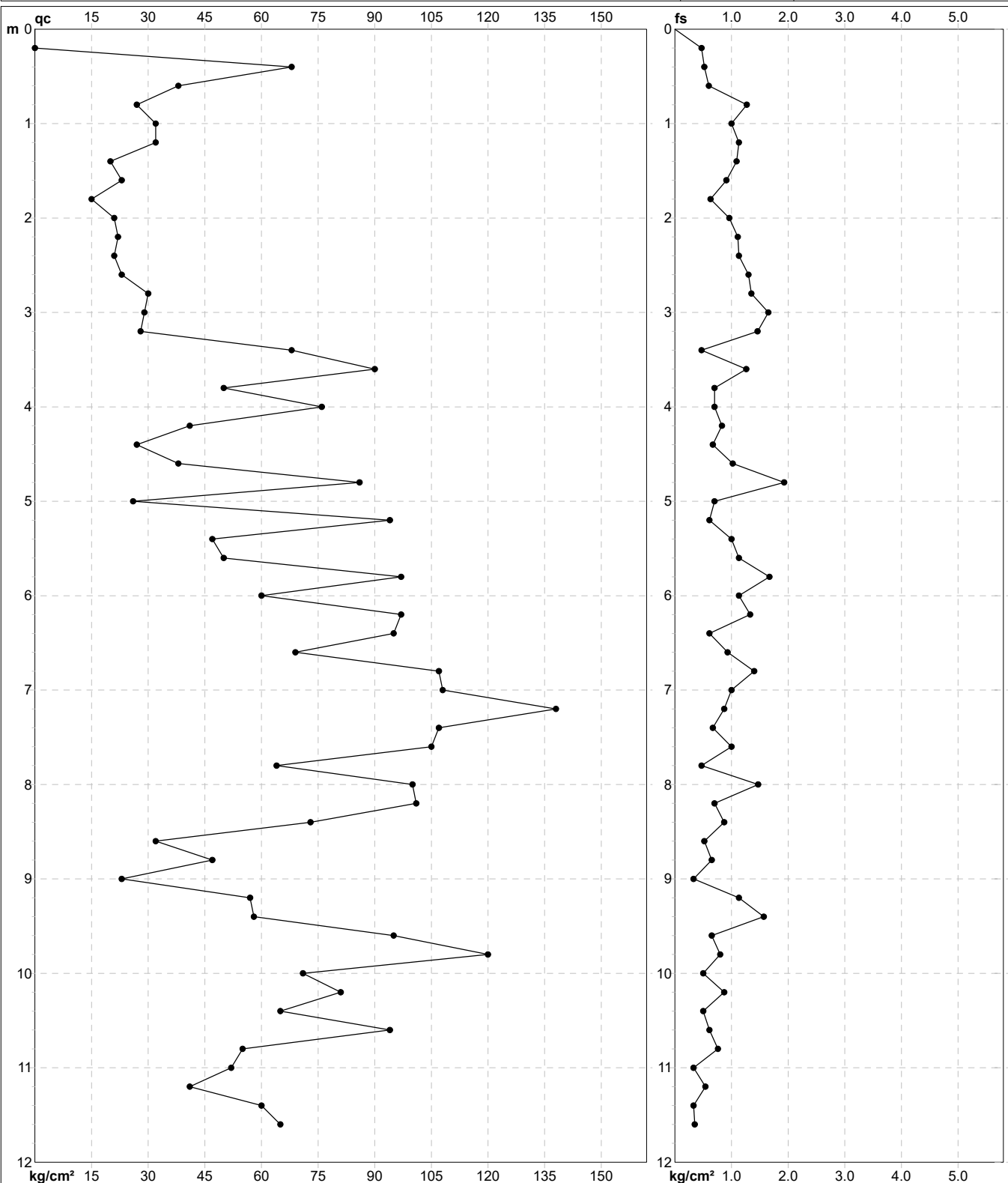
Elaborato:

 Data esec.: **08/07/2016**

 Data certificato: **11/07/2016**

Quota inizio:

Falda:


 Penetrometro: **TG63-200**

 Responsabile: **Geol. Jacopo Martini**

Assistente:

 Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

 Preforo: **m**
**Lo sperimentatore: Geol. Jacopo Martini**
**Il direttore laboratorio: Geol. Jacopo Martini**

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**1**

riferimento

**160708a**

certificato n°

251/16

 Committente: **MERS S.a.s.**

 Cantiere: **160708a**

 Località: **Granaioolo - Castelfiorentino**

 U.M.: **kg/cm²**

 Scala: **1:60**

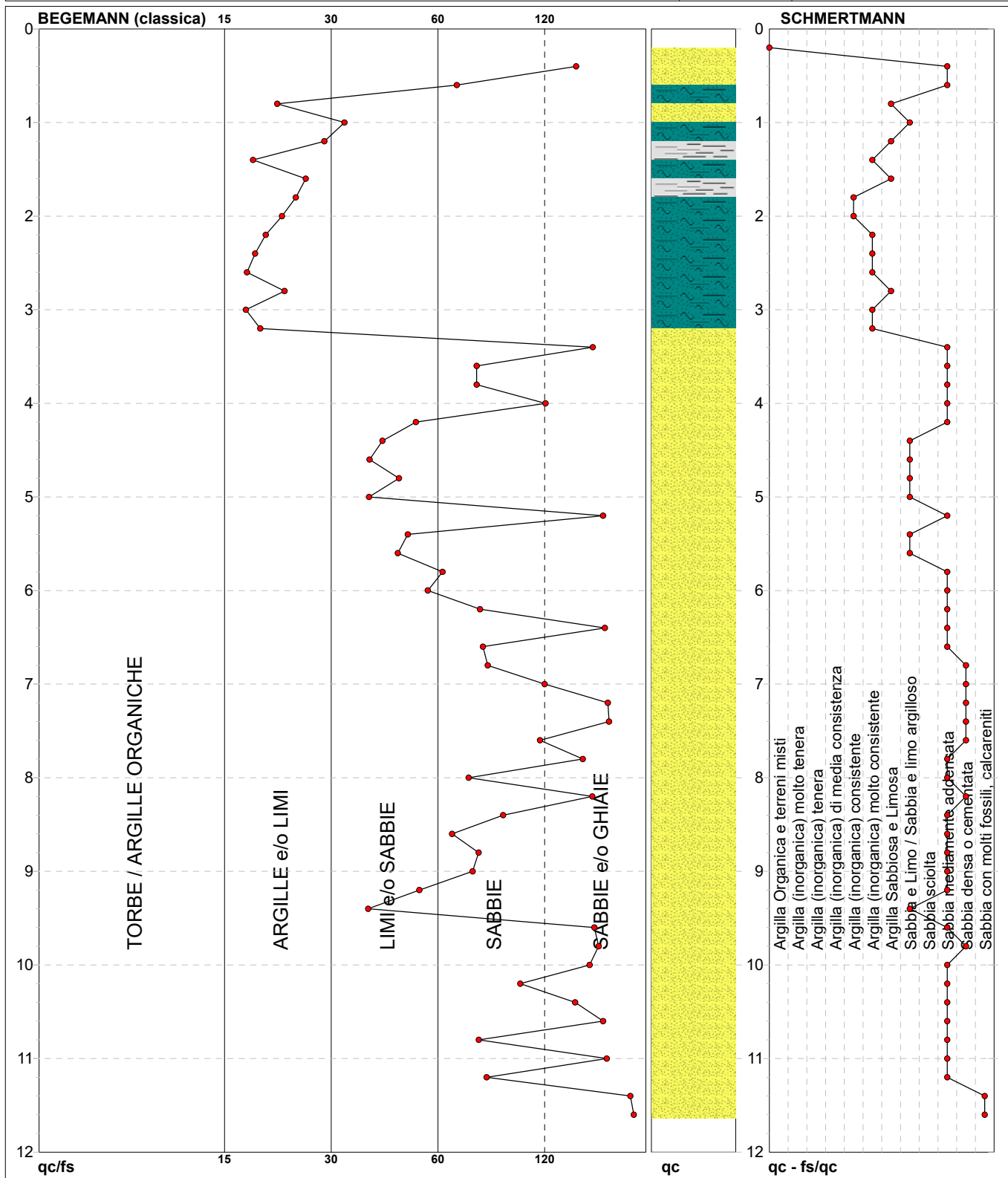
 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data eseg.: **08/07/2016**

 Data certificato: **11/07/2016**

Falda:



Torbe / Argille org. : 3 punti, 5.08%

Argille e/o Limi : 12 punti, 20.34%

Limi e/o Sabbie : 12 punti, 20.34%

Sabbie: 17 punti, 28.81%

Sabbie e/o Ghiaie : 16 punti, 27.12%

 Lo sperimentatore: **Geol. Jacopo Martini**

 Il direttore laboratorio: **Geol. Jacopo Martini**

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## PARAMETRI GEOTECNICI

**CPT**
**1**

riferimento

**160708a**

certificato n°

251/16

 Committente: **MERS S.a.s.**

 Cantiere: **160708a**

 Località: **Granaioolo - Castelfiorentino**

 U.M.: **kg/cm²**

 Data eseg.: **08/07/2016**

 Pagina: **1**

 Data certificato: **11/07/2016**

Laboratorio:

Falda:

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma^*$ t/m³	$\sigma_v'$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi$ Sc (°)	$\phi$ Ca (°)	$\phi$ Ko (°)	$\phi$ DB (°)	$\phi$ DM (°)	$\phi$ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	68.00	130.77	3	1.95	0.08	271	--	--	--	--	--	100	42	44	41	38	45	32	--	113.3	170.0	204.0	
0.60	38.00	63.33	3	1.90	0.11	218	--	--	--	--	--	92	41	39	36	34	42	30	--	63.3	95.0	114.0	
0.80	27.00	21.26	4	1.95	0.15	192	0.95	61.4	161.1	241.6	81.0	73	38	35	33	31	40	28	--	45.0	67.5	81.0	
1.00	32.00	32.00	3	1.88	0.19	204	--	--	--	--	--	73	38	35	32	30	39	29	--	53.3	80.0	96.0	
1.20	32.00	28.32	4	1.97	0.23	204	1.07	42.8	181.3	272.0	96.0	69	38	34	31	29	39	29	--	53.3	80.0	96.0	
1.40	20.00	18.35	4	1.93	0.27	171	0.80	24.6	136.0	204.0	60.0	49	35	31	28	26	35	27	--	33.3	50.0	60.0	
1.60	23.00	25.27	4	1.94	0.31	180	0.87	23.0	147.5	221.3	69.0	50	35	31	28	26	35	28	--	38.3	57.5	69.0	
1.80	15.00	23.81	2	1.95	0.35	154	0.67	14.3	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2.00	21.00	21.88	4	1.93	0.38	174	0.82	16.3	140.0	210.0	63.0	42	34	30	27	25	34	27	--	35.0	52.5	63.0	
2.20	22.00	19.82	4	1.93	0.42	177	0.85	14.9	143.8	215.8	66.0	41	34	29	26	25	33	28	--	36.7	55.0	66.0	
2.40	21.00	18.58	4	1.93	0.46	174	0.82	12.9	140.0	210.0	63.0	37	33	29	26	24	33	27	--	35.0	52.5	63.0	
2.60	23.00	17.69	4	1.94	0.50	180	0.87	12.5	147.5	221.3	69.0	38	33	29	26	24	33	28	--	38.3	57.5	69.0	
2.80	30.00	22.22	4	1.96	0.54	199	1.00	13.6	170.0	255.0	90.0	46	34	30	27	25	34	29	--	50.0	75.0	90.0	
3.00	29.00	17.58	4	1.96	0.58	197	0.98	12.2	167.1	250.7	87.0	43	34	29	26	25	33	29	--	48.3	72.5	87.0	
3.20	28.00	19.18	4	1.96	0.62	194	0.97	11.0	164.1	246.2	84.0	40	34	29	26	24	33	28	--	46.7	70.0	84.0	
3.40	68.00	144.68	3	1.95	0.66	271	--	--	--	--	--	69	38	33	30	28	37	32	--	113.3	170.0	204.0	
3.60	90.00	71.43	3	1.98	0.70	302	--	--	--	--	--	77	39	34	31	29	38	33	--	150.0	225.0	270.0	
3.80	50.00	71.43	3	1.92	0.74	242	--	--	--	--	--	56	36	31	28	26	35	31	--	83.3	125.0	150.0	
4.00	76.00	108.57	3	1.96	0.77	283	--	--	--	--	--	69	38	33	30	28	37	33	--	126.7	190.0	228.0	
4.20	41.00	49.40	3	1.90	0.81	224	--	--	--	--	--	46	34	29	26	25	33	30	--	68.3	102.5	123.0	
4.40	27.00	40.30	3	1.87	0.85	192	--	--	--	--	--	31	32	27	24	22	31	28	--	45.0	67.5	81.0	
4.60	38.00	37.25	3	1.90	0.89	218	--	--	--	--	--	42	34	28	25	24	32	30	--	63.3	95.0	114.0	
4.80	86.00	44.56	3	1.98	0.93	297	--	--	--	--	--	69	38	32	29	27	37	33	--	143.3	215.0	258.0	
5.00	26.00	37.14	3	1.87	0.96	189	--	--	--	--	--	27	32	26	23	22	30	28	--	43.3	65.0	78.0	
5.20	94.00	154.10	3	1.99	1.00	307	--	--	--	--	--	70	38	32	29	28	37	34	--	156.7	235.0	282.0	
5.40	47.00	47.00	3	1.91	1.04	236	--	--	--	--	--	45	34	29	26	24	33	31	--	78.3	117.5	141.0	
5.60	50.00	44.25	3	1.92	1.08	242	--	--	--	--	--	46	34	29	26	24	33	31	--	83.3	125.0	150.0	
5.80	97.00	58.08	3	2.00	1.12	310	--	--	--	--	--	68	38	32	29	27	36	34	--	161.7	242.5	291.0	
6.00	60.00	53.10	3	1.93	1.16	259	--	--	--	--	--	51	35	29	26	25	33	32	--	100.0	150.0	180.0	
6.20	97.00	72.93	3	2.00	1.20	310	--	--	--	--	--	67	37	32	29	27	36	34	--	161.7	242.5	291.0	
6.40	95.00	155.74	3	1.99	1.24	308	--	--	--	--	--	65	37	31	28	27	35	34	--	158.3	237.5	285.0	
6.60	69.00	74.19	3	1.95	1.28	273	--	--	--	--	--	53	35	30	27	25	34	32	--	115.0	172.5	207.0	
6.80	107.00	76.43	3	2.01	1.32	322	--	--	--	--	--	68	37	32	29	27	36	34	--	178.3	267.5	321.0	
7.00	108.00	108.00	3	2.01	1.36	323	--	--	--	--	--	67	37	32	29	27	36	34	--	180.0	270.0	324.0	
7.20	138.00	158.62	3	2.06	1.40	354	--	--	--	--	--	75	38	33	30	28	37	36	--	230.0	345.0	414.0	
7.40	107.00	159.70	3	2.01	1.44	322	--	--	--	--	--	65	37	31	28	26	35	34	--	178.3	267.5	321.0	
7.60	105.00	105.00	3	2.01	1.48	320	--	--	--	--	--	64	37	31	28	26	35	34	--	175.0	262.5	315.0	
7.80	64.00	136.17	3	1.94	1.52	265	--	--	--	--	--	46	35	28	25	24	32	32	--	106.7	160.0	192.0	
8.00	100.00	68.03	3	2.00	1.56	314	--	--	--	--	--	61	37	30	27	26	35	34	--	166.7	250.0	300.0	
8.20	101.00	144.29	3	2.00	1.60	315	--	--	--	--	--	61	37	30	27	26	34	34	--	168.3	252.5	303.0	
8.40	73.00	83.91	3	1.96	1.64	279	--	--	--	--	--	49	35	29	26	24	32	32	--	121.7	182.5	219.0	
8.60	32.00	61.54	3	1.88	1.68	204	--	--	--	--	--	20	31	24	21	20	28	29	--	53.3	80.0	96.0	
8.80	47.00	72.31	3	1.91	1.71	236	--	--	--	--	--	33	33	26	23	22	30	31	--	78.3	117.5	141.0	
9.00	23.00	69.70	3	1.86	1.75	180	--	--	--	--	--	8	29	23	19	18	26	28	--	38.3	57.5	69.0	
9.20	57.00	50.44	3	1.93	1.79	254	--	--	--	--	--	38	33	27	24	22	31	31	--	95.0	142.5	171.0	
9.40	58.00	36.94	3	1.93	1.83	256	--	--	--	--	--	39	33	27	24	22	31	31	--	96.7	145.0	174.0	
9.60	95.00	146.15	3	1.99	1.87	308	--	--	--	--	--	55	36	29	26	25	33	34	--	158.3	237.5	285.0	
9.80	120.00	150.00	3	2.03	1.91	336	--	--	--	--	--	62	37	30	27	26	34	35	--	200.0	300.0	360.0	
10.00	71.00	142.00	3	1.95	1.95	276	--	--	--	--	--	44	34	28	25	23	31	32	--	118.3	177.5	213.0	
10.20	81.00	93.10	3	1.97	1.99	290	--	--	--	--	--	48	35	28	25	24	32	33	--	135.0	202.5	243.0	
10.40	65.00	130.00	3	1.94	2.03	267	--	--	--	--	--	40	34	27	24	22	31	32	--	108.3	162.5	195.0	
10.60	94.00	154.10	3	1.99	2.07	307	--	--	--	--	--	52	35	29	26	24	33	34	--	156.7	235.0	282.0	
10.80	55.00	72.37	3	1.93	2.10	251	--	--	--	--	--	33	33	26	23	21	29	31	--	91.7	137.5	165.0	
11.00	52.00	157.58	3	1.92	2.14	245	--	--	--	--	--	31	32	26	22	21	29	31	--	86.7	130.0	156.0	
11.20	41.00	75.93	3	1.90	2.18	224	--	--	--	--	--	22	31	24	21	20	28	30	--	68.3	102.5	123.0	
11.40	60.00	181.82	3	1.93	2.22	259	--	--	--	--	--	35	33	26	23	22	30	32	--	100.0	150.0	180.0	
11.60	65.00	185.71	3	1.94	2.26	267	--	--	--	--	--	37	33	26	23	22	30	32	--	108.3	162.5	195.0	

 Lo sperimentatore: **Geol. Jacopo Martini**

 Il direttore laboratorio: **Geol. Jacopo Martini**

FON059





Azienda Certificata  
ISO 9001:2008 N. 70Q16704  
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e  
geofisiche, ambientali, idrometriche"



## RELAZIONE TECNICA

Committente: MERS S.a.s.

Località: Granaioolo  
Castelfiorentino

Data Indagine: 08/07/2016

Codice lavoro: 160708a

### INDAGINI SISMICHE MASW

### INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 14/07/2016

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## Sommario

PREMESSA .....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR .....	4
GENERALITA' .....	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE .....	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR .....	7
INDAGINI MASW .....	10
GENERALITA' .....	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	11
INDAGINI EFFETTUATE .....	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR .....	13

## PREMESSA

Per incarico della MERS S.a.s., sono state eseguite indagini geofisiche in Località Granaio, nel Comune di Castelfiorentino.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

## INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

### GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremiti;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

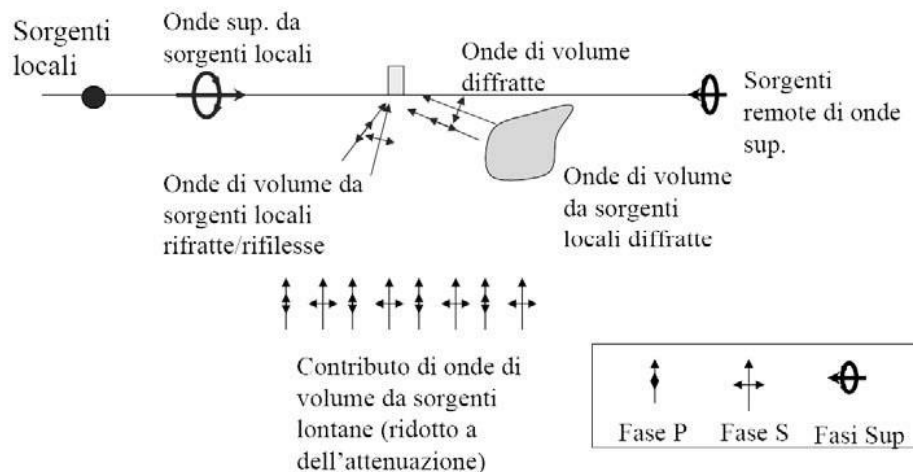
Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.



**Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore**

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

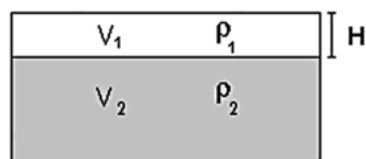
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva  $H/V$  relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure  $H/V$  risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello  $V_s$  specie in profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

## ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations*, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).



Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di  $f_0$  – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

## **HVSR 1**

Dataset: MT\_20160708\_115917.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

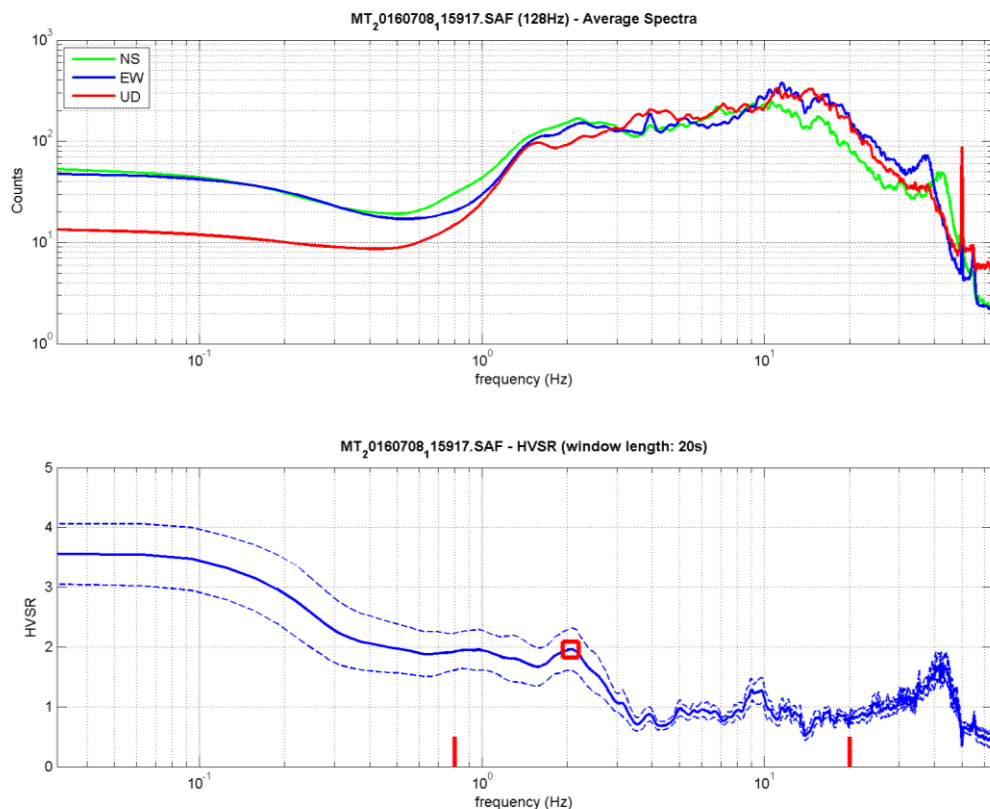
Window length (sec): 20

Length of analysed dataset (min): 15.0

Tapering (%): 0

Smoothing (%): 5

### **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



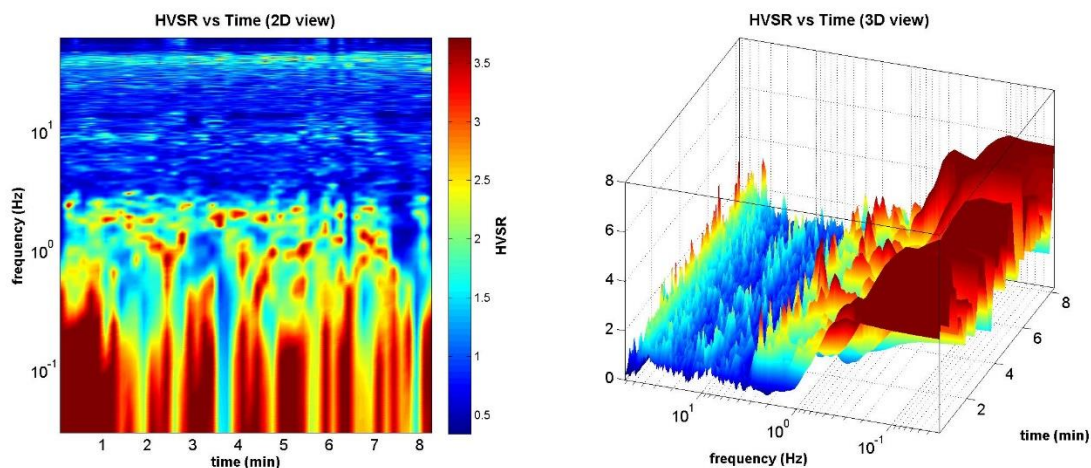
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/SAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

### **PERSISTENZA H/V**

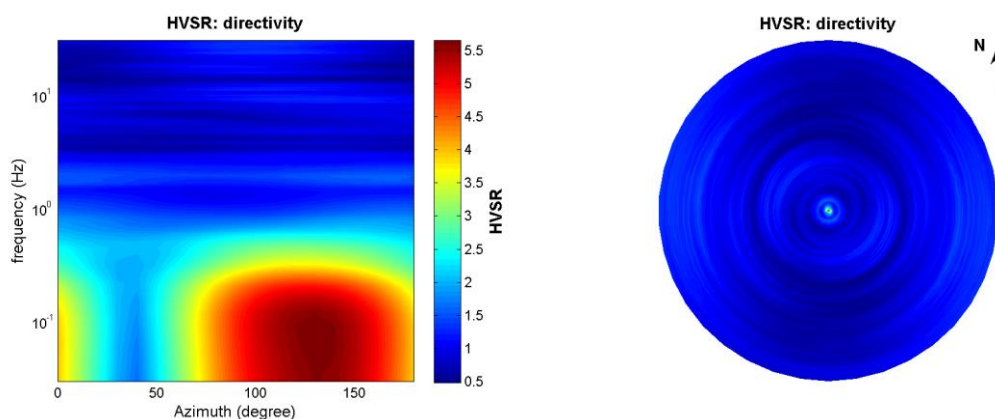
**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582 e-mail: info@gaiaservizi.com - p. IVA 01667250508



### DIREZIONALITA' H/V



**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 2.1

Peak HVSR value: 2.0

**=== Criteria for a reliable H/V curve ===**

- #1.  $[f_0 > 10/Lw]$ :  $2.064 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[nc > 200]$ :  $1775 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ===**

- #1.  $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$ : (NO)
- #2.  $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 3.3Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $2.0 < 2$  (NO)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (NO)
- #5.  $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$ :  $3.045 > 0.103$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0.355 < 1.58$  (OK)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.*

## INDAGINI MASW

### GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

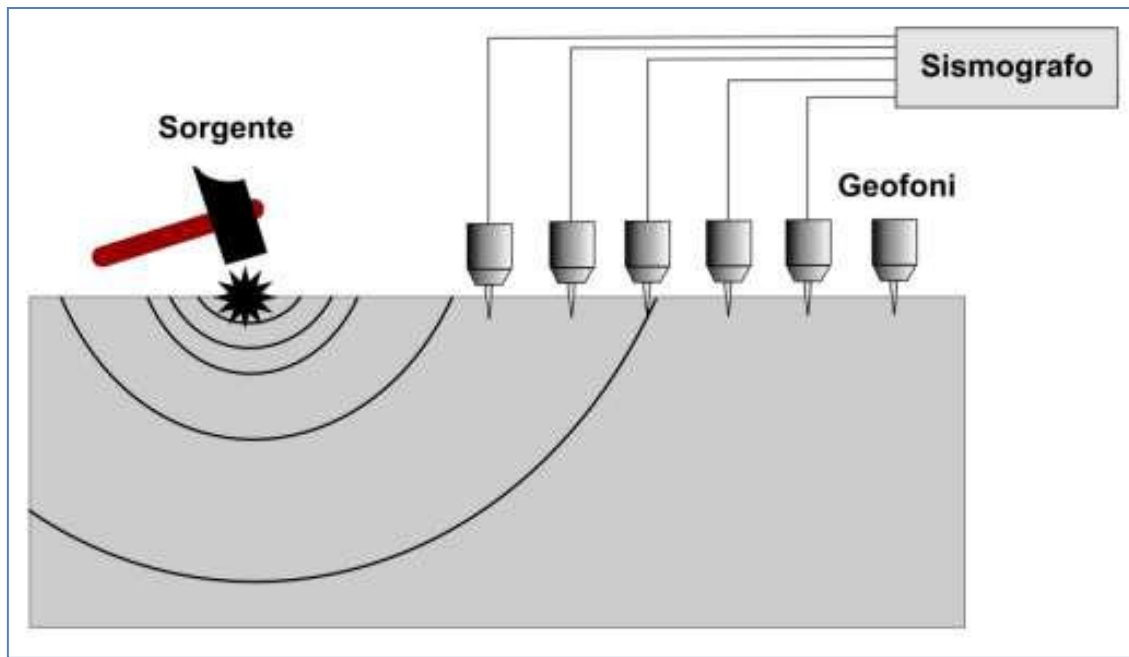


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (gefono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.



## INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
Orientazione	N240
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 3: Stendimento sismico MASW1

## ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEG Y)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.



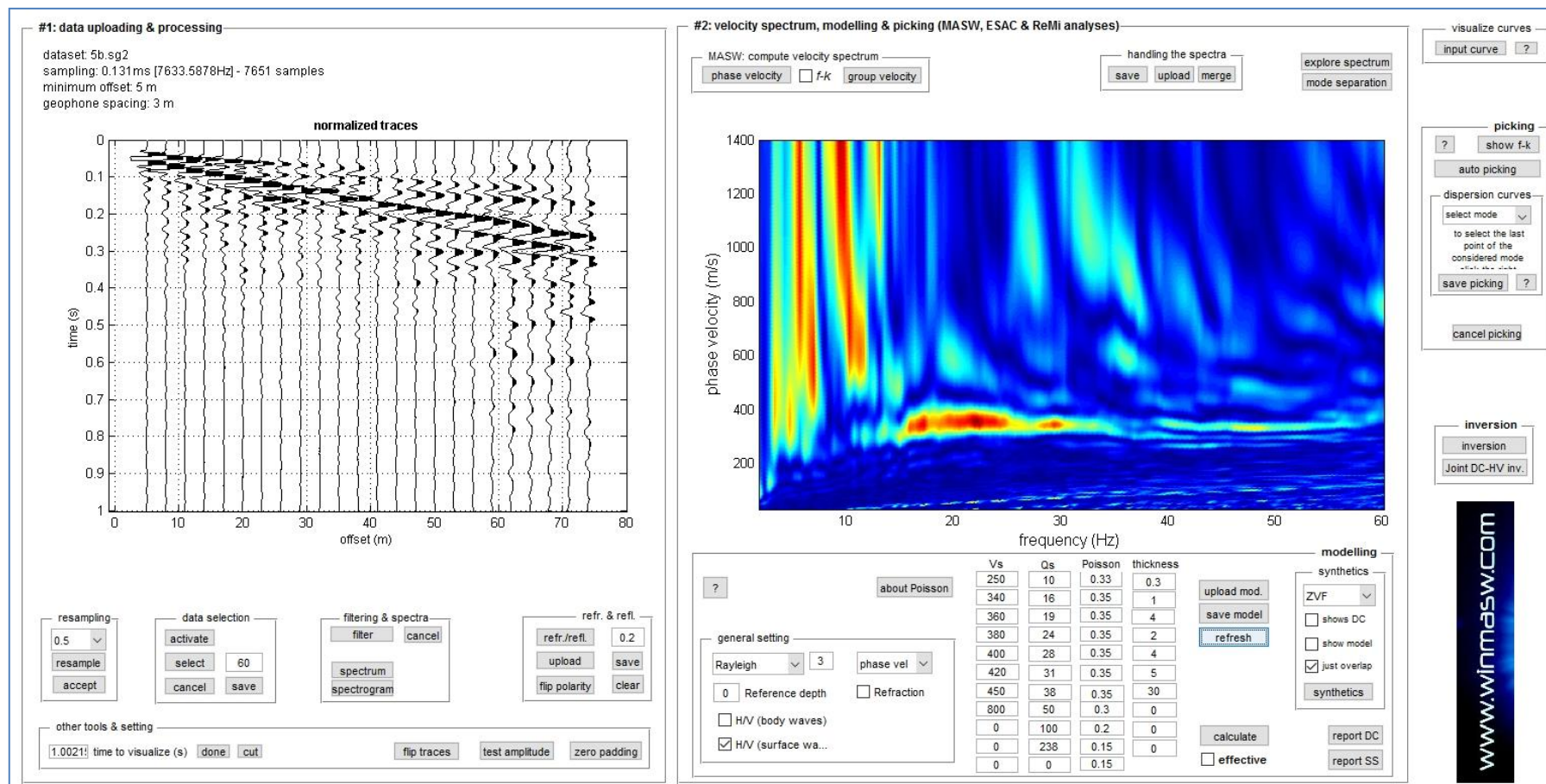


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

www.winmasw.com

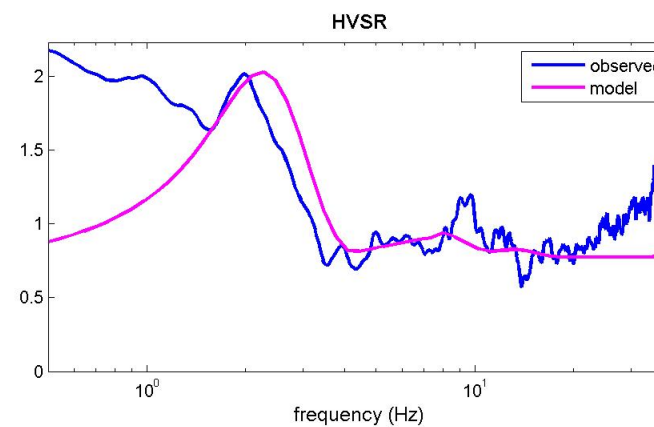
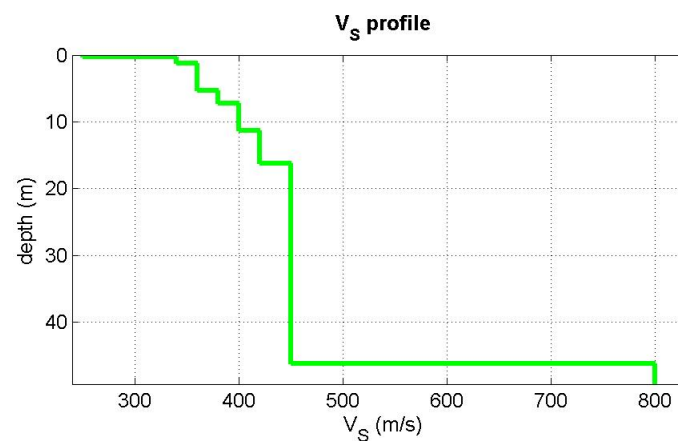
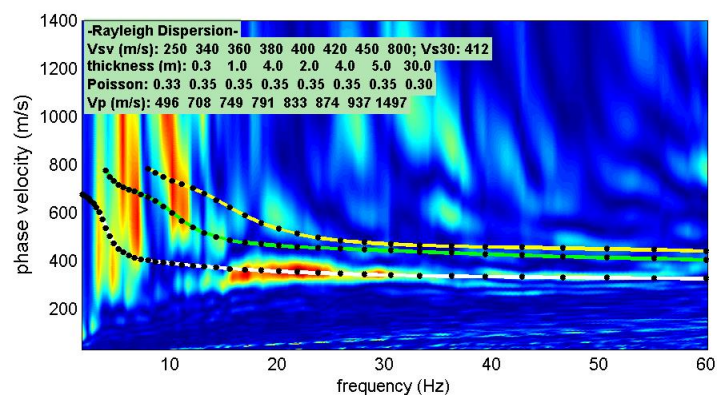


Figura 5: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**Mean model**

Vs (m/s): 250, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 800

Thickness (m): 0.3, 1.0, 4.0, 2.0, 4.0, 5.0, 30.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.88 1.97 1.98 2.00 2.01 2.02 2.04 2.15Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 118 228 257 288 322 357  
413 1377

Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 496 708 749 791 833 874 937 1497

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

Vs30 (m/s): 412

\*\*\*\*\*

San Giuliano Terme (PI),

14 luglio 2016

**GAIA Servizi S.n.c.****Dott. Jacopo Martini****GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167