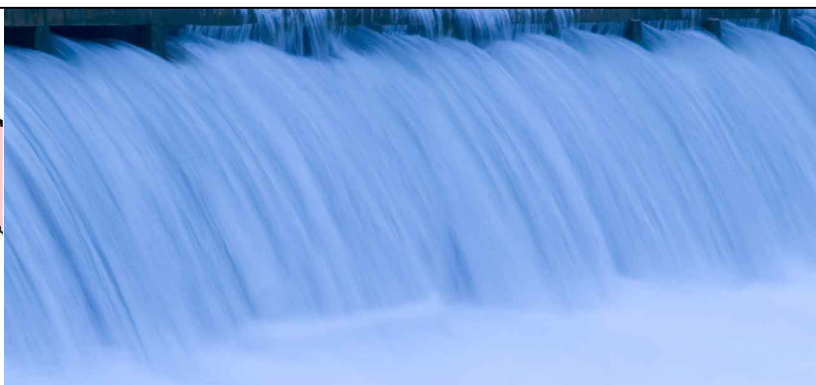
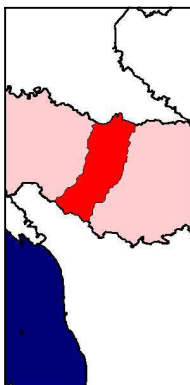




www.becquerel.it



**REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
COMUNE DI CASALGRANDE**

progetto

PROGETTO IMPIANTO IDROELETTRICO "MULINO VEGGIA"
CANALE REGGIANO DI SECCHIA

**PROGETTO
DEFINITIVO**

titolo

numerazione

RELAZIONE GEOLOGICO SISMICA

R03

progettazione



BECQUEREL ELECTRIC S.r.l.
Via Livatino 9, I 42124 Reggio nell'Emilia (RE)

P.IVA 02243710411

proponente

FVFONTANELLATO S.r.l.
Via Nicolodi 5/A, I 43126 Parma (PR)

P.IVA 02614550347

cod. progetto	data emissione	DESCRIZIONE	redatto da	scala disegni	file
IE047	OTTOBRE 2013	PRIMA CONSEGNA	Ambiter S.r.l.		
IE047	DICEMBRE 2016	INTEGRAZIONI	Ambiter S.r.l.		

Responsabile della progettazione:
Prof. Ing. Giacomo Bizzarri

Collaboratori:

Dott. ing. Matteo Cantagalli
Dott. ing. Leonardo Fumelli
Dott. ing. Omar Ambrogi

Aspetti ambientali:

Dott. amb. Adelia Sabatino - Ambiter s.r.l.
Dott. amb. Gabriele Virgili - Ambiter s.r.l.

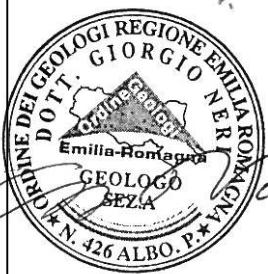
Timbro e firma



PROPONENTE	FV FONTANELLATO S.r.l. Via Nicolodi 5/A, I 43126 Parma (PR)
------------	---

UBICAZIONE	PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
	COMUNE DI CASALGRANDE

OGGETTO	IMPIANTO IDROELETTRICO "MULINO VEGGIA" Canale di Reggio
FASE	PROGETTO DEFINITIVO

DIREZIONE TECNICA dott. Giorgio Neri 	REDAZIONE dott. geol. Adriano Biasia
---	--

CODIFICA	1 4 4 8	0 2	R G S	0 1	1 6
-----------------	---------	-----	-------	-----	-----

ELABORATO	DESCRIZIONE
RGS	RELAZIONE GEOLOGICO SISMICA

03						
02	12/2016	A. Biasia		F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
01	12/2013	A. Biasia		F. Ravaglia	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE		VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
R03_Relazione geologica.doc	AB	1448

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	MODELLO GEOLOGICO	4
2.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2.2	DEPOSITI QUATERNARI AFFIORANTI	6
2.3	CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE DELL'AREA (DATI BIBLIOGRAFICI)	6
2.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
2.5	IDROGEOLOGIA	8
2.6	SISMICITÀ	9
2.6.1	<i>Sismicità storica</i>	9
2.6.2	<i>Sismicità recente</i>	11
2.6.3	<i>Zonizzazione sismica</i>	12
2.6.4	<i>Classificazione sismica</i>	13
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE	16
3.1	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)	16
3.2	ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR	17
3.2.1	<i>Acquisizione HVSR1</i>	18
4	MODELLO GEOTECNICO	21
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	23
5.1	VITA NOMINALE DELL'OPERA	23
5.2	CLASSE D'USO	23
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO	24
5.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	26
5.5	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	27
5.6	PARAMETRI SISMICI DEL SITO	28
6	POSSIBILITA' DI OCCORRENZA DI FENOMENI LIQUEFAZIONE	29
7	CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI	30

ALLEGATI

Allegato 1 - Documentazione fotografica

Allegato 2 - Elaborazione prove penetrometriche dinamiche

Allegato 3 - Tavole

1 INTRODUZIONE

Il presente documento compendia gli studi geologici, idrogeologici e sismici effettuati nell'ambito della Progettazione Definitiva di un impianto idroelettrico con vite idraulica, da realizzare nella frazione di Veggia in Comune di Casalgrande (RE).

Con il presente documento si fornisce riscontro alle integrazioni richieste dall'Autorità competente (ARPAE – pratica n.2764/2016 - punto 20) nell'ambito della Procedura di autorizzazione unica ai sensi dell'art.12 del D.Lgs. N°387/2003 per la realizzazione dell'impianto.

In particolare, di seguito sono riassunte le risultanze delle indagini geognostiche svolte in sito ed esposto il modello geotecnico assunto per le verifiche degli elementi di fondazione delle opere civili a costruire.

Cartograficamente l'area in esame è compresa nel foglio 219023 della Carta Tecnica Regionale della Regione Emilia Romagna (alla scala 1:5.000).

Lo studio sviluppa la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito illustrandone i caratteri litologici, stratigrafici, sismici, idrogeologici e geomorfologici e, più in generale di pericolosità geologica del territorio interessato dall'opera.

Per verificare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni che saranno interessati dalle nuove costruzioni, oltre al rilevamento diretto ed alla ricerca bibliografica, è stata svolta una campagna di indagini geognostiche consistente nell'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH) spinta fino a rifiuto strumentale.

Per verificare il comportamento sismico dell'area è stata eseguita un'analisi dei microtrempi a stazione singola (HVSR), che ha permesso di stimare la velocità delle onde sismiche di taglio nei primi 30/35 m di profondità.

La presente relazione è corredata dalle seguenti tavole:

- T01 – Inquadramento geografico alla scala 1:10.000;
- T02 – Carta Geologica e geomorfologica alla scala 1:2.000;
- T03 – Carta idrogeologica e della vulnerabilità alla scala 1:2.000;
- T04 - Planimetria con ubicazioni indagini alla scala 1:400;
- T05 - Sezioni stratigrafiche alla scala 1:250.

2 MODELLO GEOLOGICO

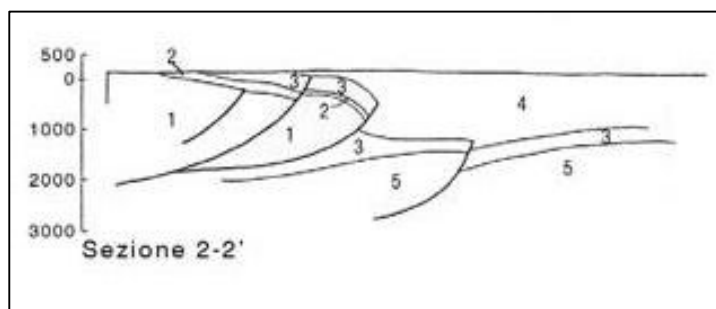
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il contesto geologico dell'area in esame è da porre in stretta relazione con la storia evolutiva del bacino padano. La dinamica interazione di importanti deformazioni tettoniche ed oscillazioni eustatiche del livello marino hanno determinato la successione di vari ambienti sedimentari, responsabili della situazione stratigrafica oggi osservata.

I depositi affioranti nell'area in esame sono contraddistinti da una potente successione terrigena continentale del Quaternario, riferibile ad ambienti di piana di inondazione alluvionale e depositi continentali grossolani alternati ad argille e limi associabili ad ambienti di conoide alluvionale. Tali depositi ricoprono, in discordanza, depositi marini di ambiente prevalentemente litorale, che affiorano con continuità nella fascia collinare.

I terreni marini appartenenti alle successioni neogeniche del margine interno dell'avanfossa appenninico-padana si presentano strutturati in sinclinali ed in anticlinali più o meno asimmetriche o in flessure con asse a direzione appenninica.

Per quanto riguarda i depositi Quaternari pleistocenici superiori, il loro assetto strutturale risulta presumibilmente condizionato dall'attività recente del cosiddetto "Lineamento Frontale Appenninico", una complessa struttura costituita da una serie di superfici di thrust o faglie inverse embricate che sono presenti, al di sotto delle coperture pleistoceniche ed oloceniche, in corrispondenza del limite geografico tra l'Appennino e la pianura.



Legenda: 1) Unità liguri ed epiliguri; 2) depositi messiniani (FCO, GES); 3) depositi del Pliocene inferiore; 4) depositi del Pliocene medio-superiore-Quaternario; 5) Unità umbro-marchigiane.

Figura 1: Sezione geologica del margine appenninico antistante la pianura

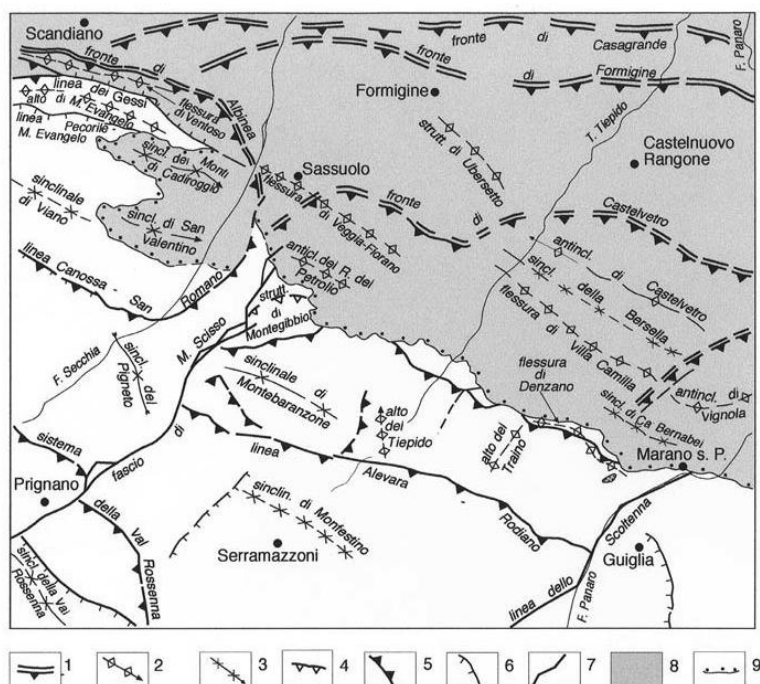
Nello specifico del settore pedeappenninico in esame si evidenzia la presenza della cosiddetta "Linea dei Gessi", interpretabile come una faglia diretta, che giustappone le Argille Azzurre alle Liguridi e, a sud di Scandiano, alla Formazione Gessoso-solfifera.

La Linea dei gessi all'altezza di Dinazzano scompare al di sotto dei depositi pleistocenici del Fiume Secchia a monte di S. Antonino e non è osservabile una sua possibile prosecuzione in destra del corso d'acqua.

A sud della Linea dei Gessi è presente l'alto strutturale di M. Evangelo, una sorta di antiforme limitata a sud dalla Linea Pecore-M. dell'Evangelo; la struttura appare in sollevamento sicuramente in epoca post-pliocenica inferiore e, probabilmente, quaternaria.

Più a sud si individuano due strutture ad asse appenninico (sinclinale dei Monti di Cadiroggio e sinclinale di S. Valentino) entro le quali sono coinvolti i depositi pliocenici medio-superiori, oltre a quelli sottostanti del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore. Ambedue le strutture sono costituite da blande sinclinali che presentano una certa immersione assiale verso SE.

Sulla base dei dati stratigrafici risulta evidente che queste strutture plicative sono riferibili ad una fase tettonica successiva al Pliocene superiore e probabilmente connesse al generale sollevamento del margine appenninico per effetto della tettonica compressiva quaternaria.



Legenda: 1) Fronti dei principali accavallamenti padani sepolti (da Rossi et alii, in stampa); 2) assi di anticlinale; 3) assi di sinclinale; 4) struttura monoclinale (i triangolini indicano l'immersione); 5) faglie inverse; 6) faglie dirette; 7) faglie subverticali, trascorrenti o a cinematica incerta; 8) depositi della Successione neogenico-quaternaria; 9) contatto stratigrafico discordante.

Figura 2: Principali strutture tettoniche nei pressi dell'area in esame (Foglio 219)

2.2 DEPOSITI QUATERNARI AFFIORANTI

In accordo con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali sensu Mitchum et Al. (1977).

Esse sono definite come: "unità stratigrafiche composte da una successione relativamente continua e concordante di strati geneticamente correlati, limitati alla base e al tetto da superfici di discontinuità o dalle superfici concordanti correlabili con esse".

Le Sequenze Deposizionali, a loro volta, possono essere suddivise in:

- Principali, corrispondenti ai Supersintemi e ai Cicli Sedimentari di Ricci Lucchi et alii (1982);
- Minori, corrispondenti ai Sintemi;
- Climatico-Eustatiche di rango superiore, corrispondenti ai Subsintemi

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersistema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.

Nel complesso i depositi affioranti nella porzione di territorio in esame sono relativi al Supersistema Emiliano-Romagnolo ed in particolare alle Unità di Niviano (AES7a) e Modena (AES8a), il cui tetto coincide al piano di campagna.

Le unità sopradescritte sono state rappresentate, relativamente ad un intorno significativo dell'area di studio, nella Tavola 02 - Carta geologico-geomorfologica.

2.3 CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE DELL'AREA (DATI BIBLIOGRAFICI)

Per la ricostruzione preliminare della stratigrafia dell'area, oltre ai dati desunti dal rilievo geomorfologico effettuato è stato fatto riferimento ai profili stratigrafici desunti da prove penetrometriche e pozzi idrici forniti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna in prossimità all'area presa in esame.

In particolare è stato fatto riferimento alle seguenti profili stratigrafici:

numero	sigla	quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità (m)	Profondità tetto ghiaie (m)	data esecuzione	Tipo prova
1	219020C049	110	1	1	16/01/1986	CPT
2	219020C050	113	2.2	2.2	16/01/1986	CPT
3	219060P635	118	18.5	3	-	Pozzo per acqua
4	219060C010	118	1.8	1.8	16/01/1986	CPT

Tabella 1: Riepilogo dei dati stratigrafici dei pozzi adiacenti l'area in esame

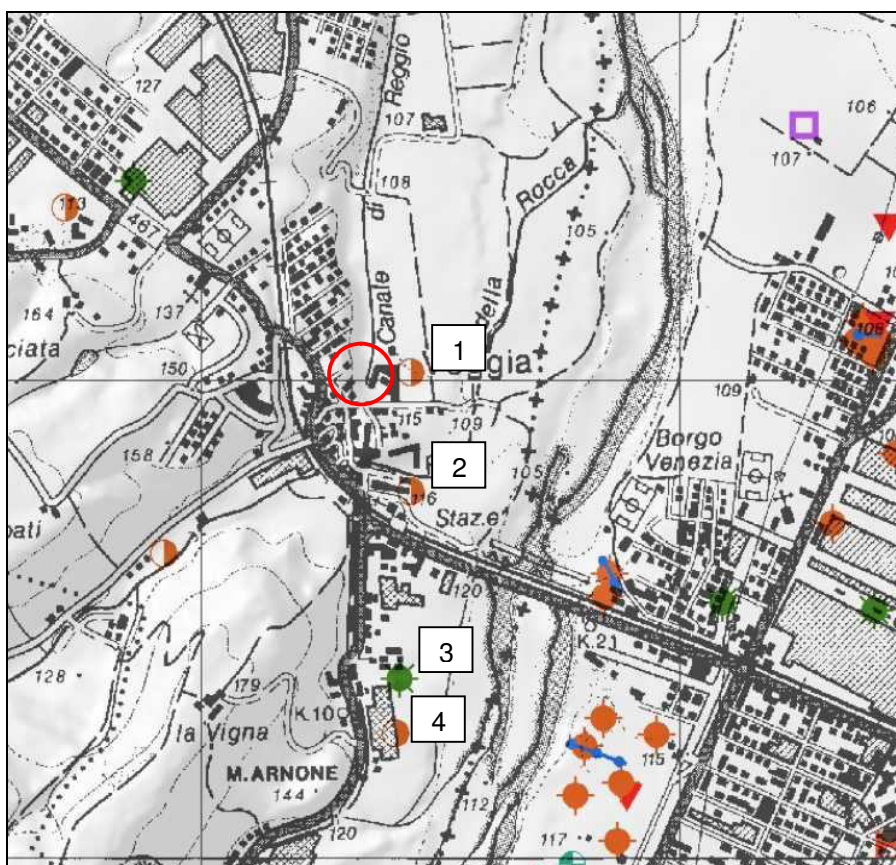


Figura 3: Ubicazione indagini geognostiche disponibili tramite SGSS della Regione Emilia Romagna

L'area oggetto d'intervento si trova alla base del deposito terrazzato dell'Unità di Niviano (AES7a).

Sulla base dei dati disponibili si può definire che la successione stratigrafica riscontrabile nell'area in esame è caratterizzata da ghiaie intensamente pedogenizzate affioranti o sub-affioranti in tutto il ripiano terrazzato recente (Unità di Modena); lungo la scarpata che separa i due ordini di terrazzo fluviale prevalgono invece depositi fini.

2.4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'attuale assetto geomorfologico della porzione di territorio in esame è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sulla rete idrografica. Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative.

L'area in esame è collocata nel contesto dell'alta pianura terrazzata al raccordo con il paesaggio collinare. Il limite morfologico tra la pianura pedemontana e la fascia collinare è definito da un netto salto di pendenza con scarpate di parecchi metri modellate dalla dinamica fluviale.

La morfologia attuale del territorio risulta prevalentemente legata all'evoluzione quaternaria del Fiume Secchia ed in particolare alle fasi di deposito ed erosione che hanno portato alla strutturazione della conoide alluvionale pleistocenico-olocenica.

Nello specifico il sito in esame si sviluppa ai piedi dell'orlo del terrazzo fluviale che delimita i depositi dell'Unità di Modena e Niviano.

Dal punto di vista della dinamica morfologica la superficie oggetto dell'intervento è da considerarsi sostanzialmente stabile e non soggetta a trasformazioni nel medio-lungo termine; risulta comunque evidente che gli scavi necessari alla realizzazione dell'opera andranno comunque sostenuti da una paratia di sostegno.

2.5 IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola.

Secondo i più recenti studi (v. Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi (v. Figura 2).

Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale.

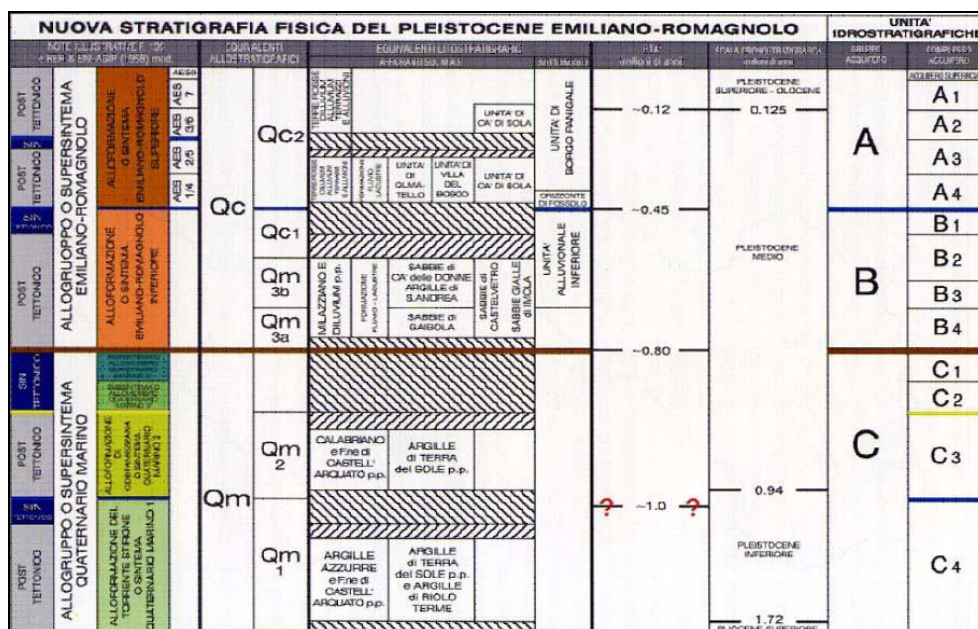


Figura 4: Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Da "Di Dio G. (2001).

L'Unità Idrostratigrafico-Sequenziale affiorante nell'area in esame e direttamente coinvolta dalle opere di fondazione dell'intervento in progetto è denominata Gruppo Acquifero A, che ricalca il Sintema Emiliano Romagnolo superiore (450.000 - 350.000 anni BP).

Nella porzione di territorio in esame la superficie piezometrica presenta una soggiacenza di circa 5 ÷ 6 metri dal piano campagna, tale da non interferire con le opere in progetto. Tale dato si riferisce al settore pianeggiante; lungo il versante terrazzato è ipotizzabile la presenza di sporadiche emergenze idriche, i cui assi principali di deflusso risultano fortemente influenzati dal gradiente topografico.

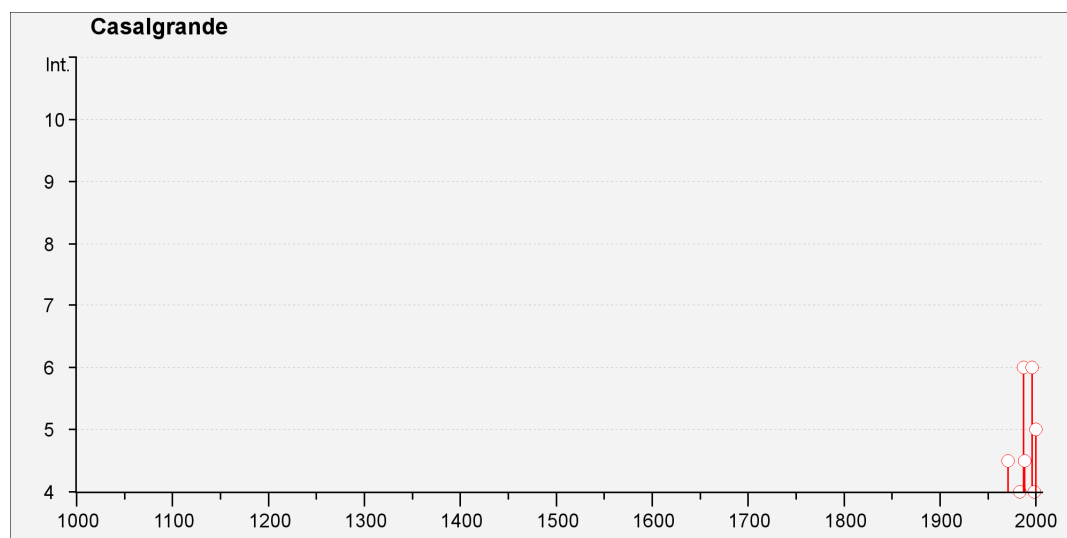
2.6 SISMICITÀ

2.6.1 Sismicità storica

La sismicità storica del Comune di Casalgrande è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche

dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

Nella successiva Tabella 2 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).



Is	anno me gi ora	AE	Io	Mw
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	7	5.15 ±0.14
2	1967 04 03 16:36:18	Reggiano	5-6	4.69 ±0.19
4-5	1971 07 15 01:33:23	Parmense	8	5.64 ±0.09
4	1983 11 09 16:29:52	Parmense	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	6	4.61 ±0.10
6	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	6	4.74 ±0.09
4-5	1988 03 15 12:03:18	Reggiano	6	4.66 ±0.12
NF	1995 10 10 06:54:23	LUNIGIANA	7	4.85 ±0.09
6	1996 10 15 09:56:02	Correggio	7	5.41 ±0.09
2	1997 05 12 22:13:51	Reggiano	4-5	4.22 ±0.27
4	1998 02 21 02:21:13	Reggiano	5	4.34 ±0.17
5	2000 06 18 07:42:08	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
NF	2000 10 03 01:12:37	Appennino tosco-emiliano	5	4.27 ±0.09

Tabella 2: Eventi sismici di maggiore intensità verificatisi nel Comune di Casalgrande (RE)

2.6.2 Sismicità recente

La sismicità recente è stata desunta dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDe Working Group (INGV, 2010), Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>.

Nello specifico sono stati ricercati i terremoti aventi una magnitudo minima pari a 5.0, registrati nell'intervallo di tempo tra il 01/01/2000 e il 01/12/2016, in un raggio di 50 Km dal Comune di Casalgrande.

Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
2012-06-03 19:20	44.899	10.943	9.2	5.1	SISBAS
2012-05-29 11:00	44.879	10.947	5.4	5.2	SISBAS
2012-05-29 10:55	44.888	11.008	6.8	5.3	SISBAS
2012-05-29 07:00	44.851	11.086	10.2	5.8	SISBAS
2012-05-20 13:18	44.831	11.490	4.7	5.1	SISBAS
2012-05-20 02:07	44.863	11.370	5	5.1	SISBAS
2012-05-20 02:03	44.889	11.228	6.3	5.9	SISBAS
2012-01-27 14:53	44.523	10.009	72.4	5.2	BOLLSI
2012-01-25 08:06	44.871	10.510	29	5.0	BOLLSI
2008-12-23 15:24	44.544	10.345	22.9	5.2	BOLLSI

Tabella 3: Eventi sismici registrati nell'intervallo di tempo tra il 01/01/2000 e il 01/12/2016

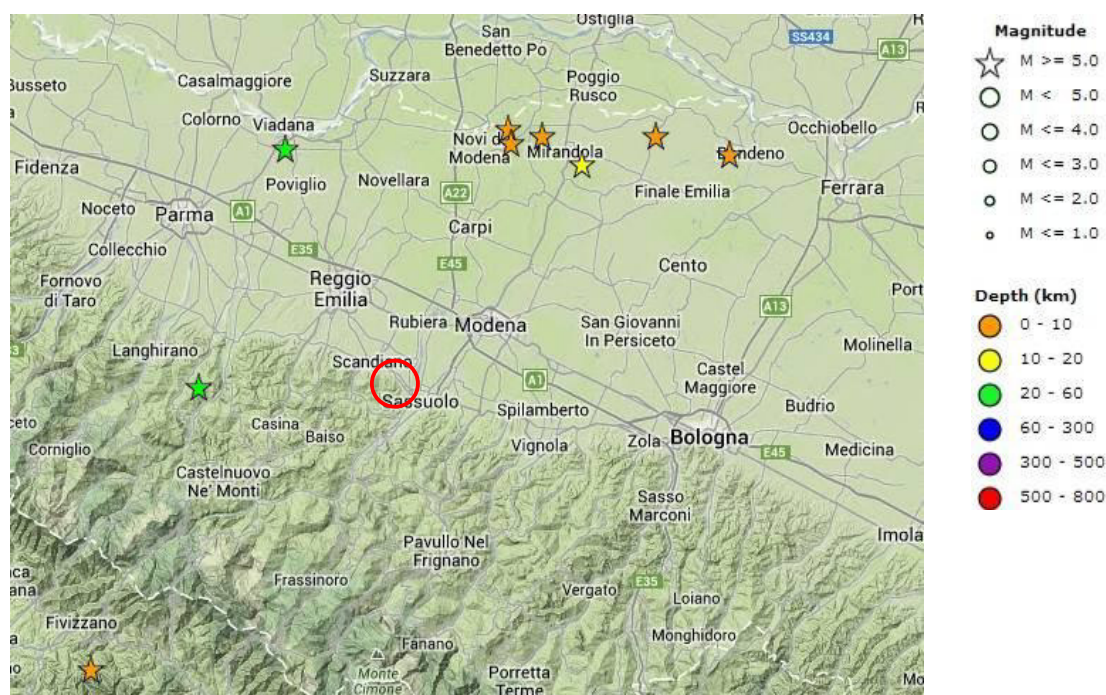


Figura 5: Ubicazione degli epicentri degli eventi sismici registrati nell'intervallo di tempo tra il 01/01/2000 e il 01/12/2016

Come si evince dalla Tabella 3 gli eventi principali sono stati i terremoti della primavera del 2012 con epicentro nella pianura modenese e ferrarese, quelli del gennaio 2012 con epicentro nell'area di Berceto (PR) e Brescello (RE) e del dicembre 2008 con epicentro nell'area di Neviano degli Arduini (PR).

2.6.3 Zonizzazione sismica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonizzazione sismogenetica (ZS) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale ("Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici").

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

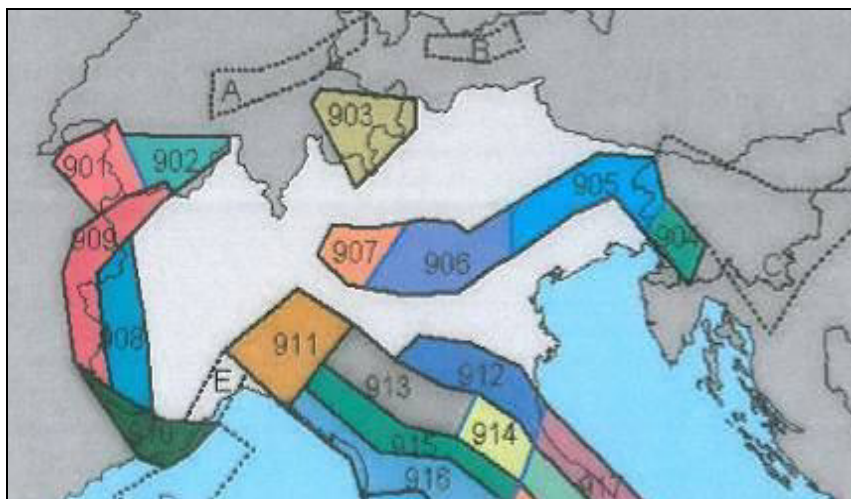


Figura 6: Stralcio della Zonizzazione sismogenetica ZS9

Dall'esame della si evince che il Comune di Casalgrande ricade nella Zona Sismogenetica 913 che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale" (zone che vanno dalla 911 alla 923).

All'interno della zona sismogenetica 913, i terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax2} = 6,14$.

2.6.4 Classificazione sismica

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (ag/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

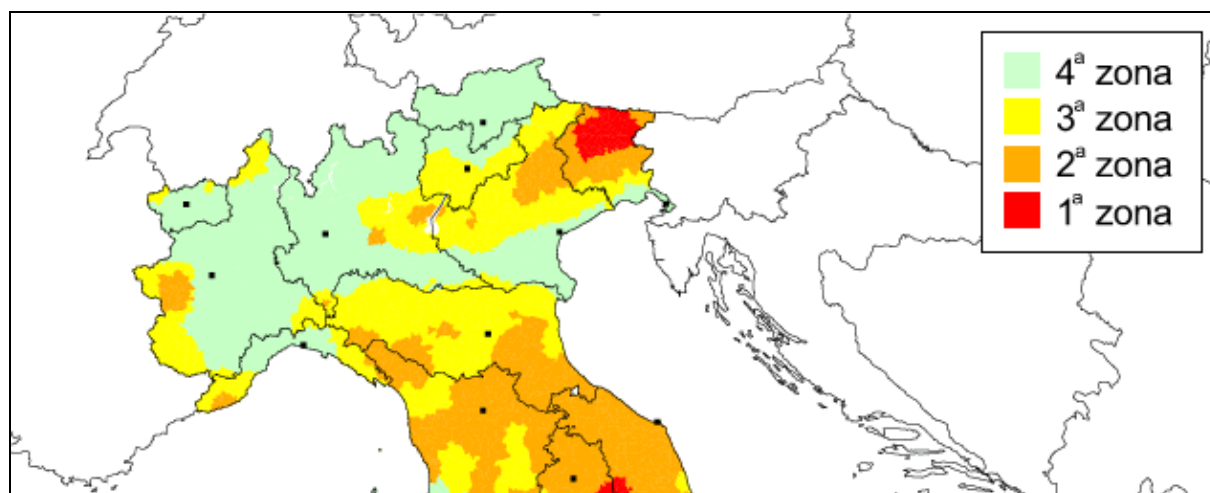


Figura 7: Zone sismiche del territorio italiano. Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	$0.15-0.25$
3	$0.05-0.15$
4	<0.05

Tabella 4: Valori di PGA per le varie zone

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.

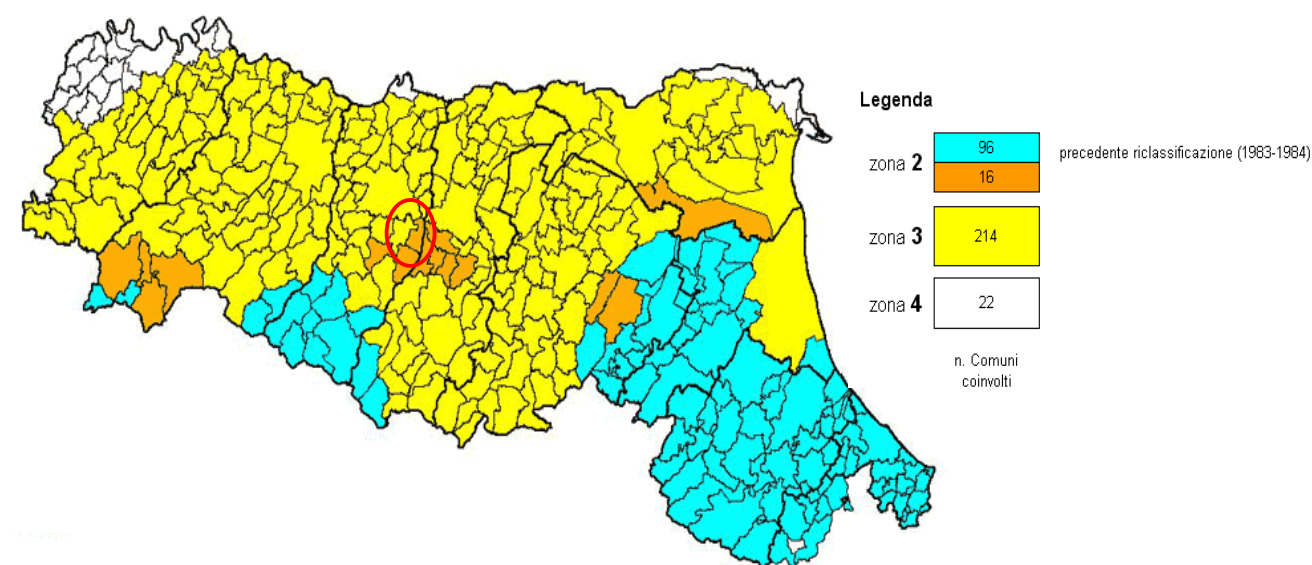


Figura 8: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni

Il territorio comunale di Casalgrande è classificato in zona 2, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,15 - 0,25. Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

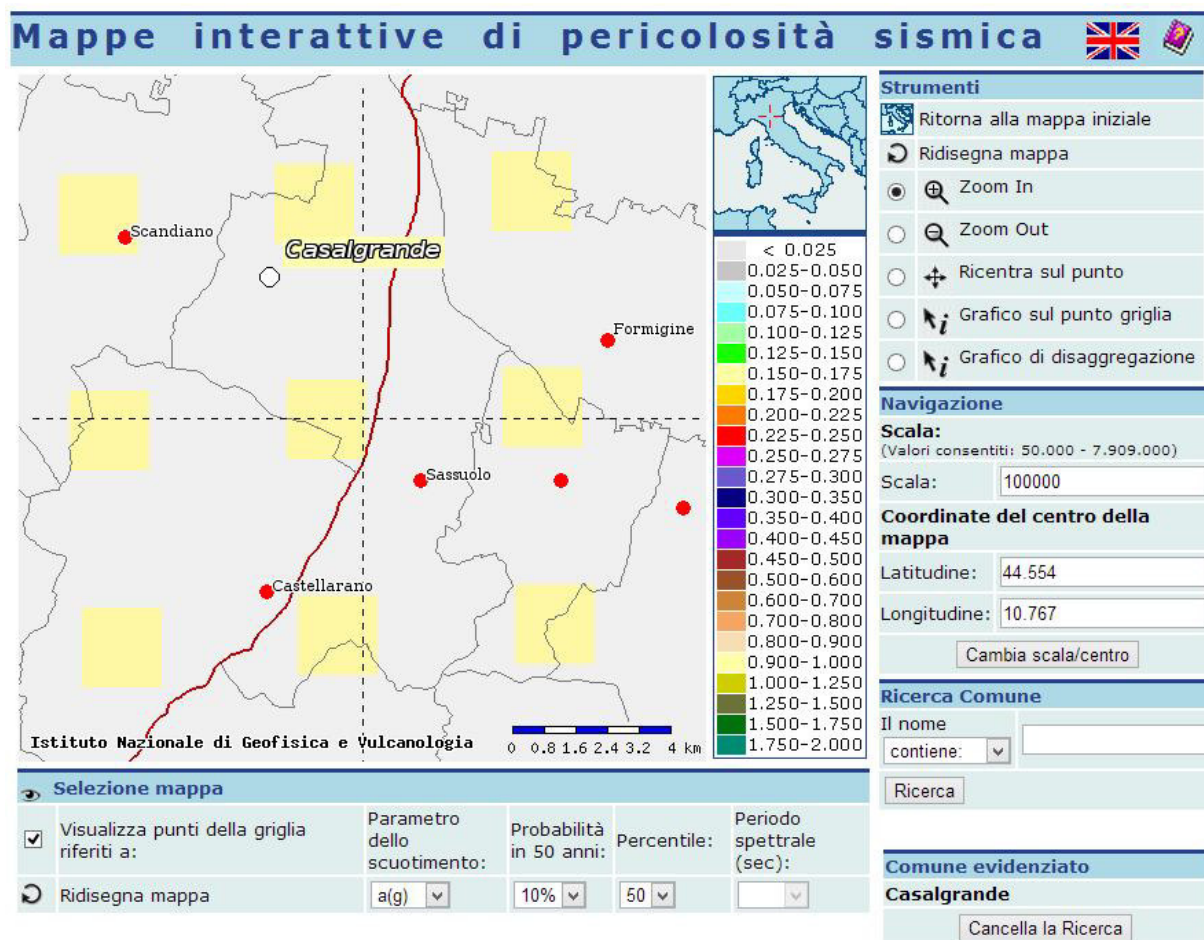


Figura 9: Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (ag) con tempi di ritorno di 475 anni

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE

La campagna geognostica è stata finalizzata alla puntuale verifica dell'assetto stratigrafico e alla caratterizzazione geotecnica dei terreni d'imposta delle fondazioni delle opere previste.

La scelta della tipologia di indagine e delle densità di verticali di investigazione è stata effettuata considerando le caratteristiche stratigrafiche e litologiche descritte nel Modello Geologico.

Nello specifico, si è ritenuto opportuno eseguire:

- n 1 prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH;
- n 1 analisi dei microtremori a stazione singola HVSR.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella planimetria di Tavola 04.

3.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI (DPSH)

La prova penetrometrica dinamica DP consiste nell'infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste.

L'infissione avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di un dato peso.

Si contano i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di lunghezza di 20 cm.

Per le prove effettuate è stato utilizzato un penetrometro dinamico super pesante DPSH, che presenta le seguenti caratteristiche:

- maglio di massa pari a 63.5 Kg;
- altezza di caduta del maglio di 75 cm;
- area della punta conica 20,43 cm².



Figura 10: Esecuzione prova penetrometrica dinamica

3.2 ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono anche di stimare in maniera rapida il valore di V_{s30} .

La prova è stata condotta utilizzando l'acquisitore di dati sismici Gemini, costituito da un contenitore in cui sono integrati una terna di geofoni e un acquisitore hardware da 24 bit. L'acquisitore Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente su PC tramite il software dedicato in dotazione. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto "SESAME":

- asse Z = geofono verticale = direzione Up-Down;
- asse X = geofono orizzontale = direzione East-West;
- asse Y = geofono orizzontale = direzione North-South.



Figura B. 1 - Versione "GEMINI HVSr" basolare impiegata per la prospezione sismica passiva: dettaglio dei supporti intercambiabili in dotazione, da sostituire a seconda che si acquisisca su superficie rigida o su terreno.

Figura 11: Strumentazione utilizzata per l'analisi dei microtremori

3.2.1 Acquisizione HVSr1

COMMITTENTE:

LOCALITA': Veggia - Casalgrande(RE)

DATA ACQUISIZIONE: 18 12 2016

ORA: 09.38

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE_Veggia_20161218_0938CLEAN.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 12.8

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 5

=====

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

Peak frequency (Hz): 0.5 (± 5.4)

Peak HVSR value: 1.8 (± 0.3)

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

#1. $[f_0 > 10/Lw]: 0.5 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]: 776 > 200$ (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 1.2Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]: 1.8 < 2$ (NO)

#4. $[f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]:$ (NO)

#5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]: 5.396 > 0.080$ (NO)

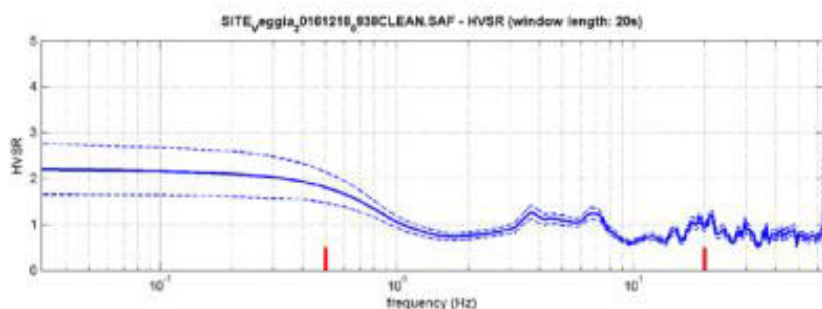
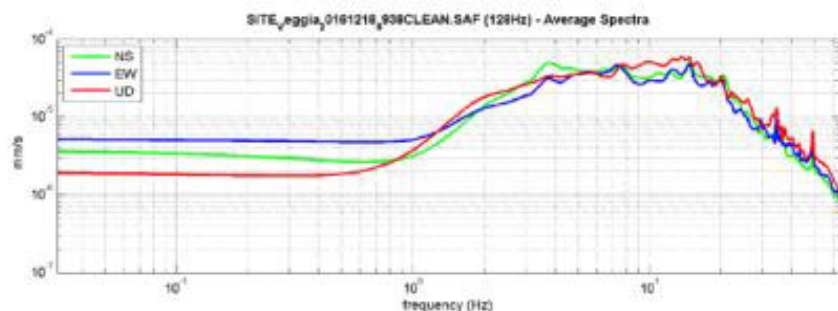
#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]: 0.337 < 2$ (OK)

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

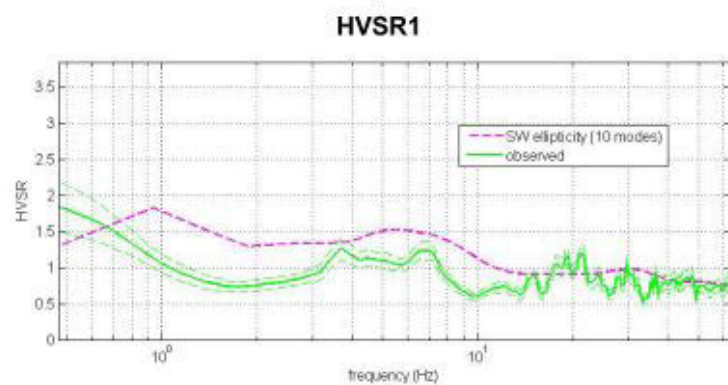
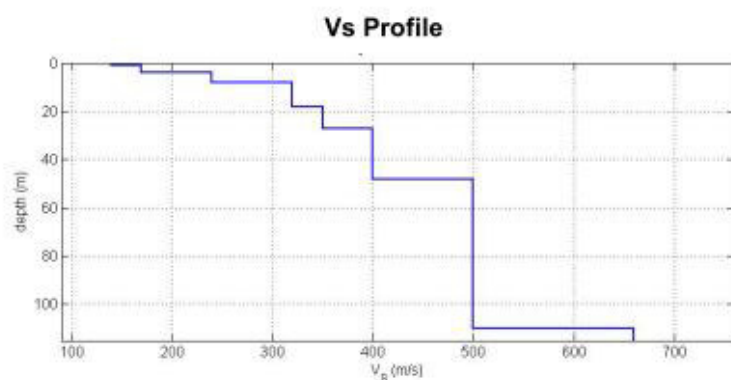
The screenshot shows the WIMSAW software interface with the following sections:

- step01 (optional) - decimate:** Includes a 'show data' button, a 'reset' button, and a 'show decimated data' button. The 'decimate' section has a 'new frequency' input set to 125Hz and an 'example' button.
- step02 - H/V computation:** Includes a 'compute' button and a 'clean data' button. Parameters include 'window length (s)' set to 20, 'tapering (%)' set to 10, and 'spectral smoothing (triangle windows)' set to 5%.
- step03a (optional) - directivity analysis:** Includes a 'compute' button and a 'max freq' input set to 32 Hz.
- step03b (optional) - directivity over time:** Includes a 'compute' button and a 'time step' input set to 60 s.
- save - options01: save H/VSR as it is:** Includes a 'save H/V curve (as it is)' button and a 'Save H/V from' input set to 0.25 to 64 Hz.
- save - options02: picking H/V curve:** Includes a 'pick H/V curve' button, a 'save picked H/V' button, and a 'compute SESAME for picked curve' button.
- quick analysis (f-v/a-r):** Includes a 'compute' button and parameters for 'average 1/s (m/s)' set to 100, 'depth of the bedrock (m)' set to 20, and '100C 1/s of the bedrock'.

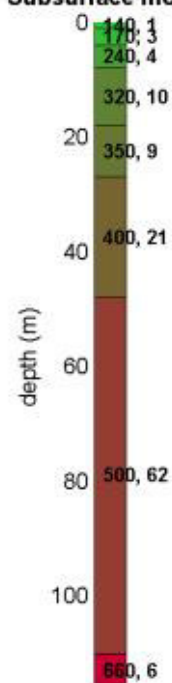


To model the HVSR (also partly with MASW or PwMSEAC data), save the H/V curve, go to the "Velocity Spectrums, Modeling & Picking" panels and upload the saved H/V curve

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	1,0	140	0,40
2	1,0	3,0	170	0,35
3	4,0	4,0	240	0,35
4	8,0	10,0	320	0,35
5	18,0	9,0	350	0,35
6	27,0	21,0	400	0,35
7	48,0	62,0	500	0,30
8	110,0	Inf.	660	0,20



Subsurface model



CATEGORIA C
Vs30 (m/s): 283

4 MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche effettuate nell'area in esame è stato possibile riconoscere la seguente sequenza stratigrafica e determinare in via preliminare il campo di oscillazione dei parametri geotecnici per i livelli riconosciuti:

LIVELLO A

Il livello A risulta costituito da terreni coesivi di natura eluvio colluviale, tendenzialmente argillosi. Lo spessore di tali depositi risulta piuttosto variabile, in graduale inspessimento verso la parte inferiore del pendio.

Unità litostratigrafica	Litologia	Profondità*	γ'	C_u	ϕ_u	c'	ϕ'	ϕ_{cv}	E
		m	kN/m ³	KPa	°	MPa	°	°	MPa
AES7a	AL_LA	da p.c. a 3,5 m dal p.c.	18,0 - 18,5	30-40	0	0	22-24	20 - 22	2 - 3

γ' = peso di volume - C_u = coesione in termini di sforzi totali - ϕ_u = angolo di attrito in termini di sforzi totali; c' = coesione in termini di sforzi efficaci - ϕ' = angolo di attrito di picco in termini di sforzi efficaci - ϕ_{cv} = angolo di attrito a volume costante in termini di sforzi efficaci; E = modulo elastico;

* Le quote sono intese lungo la verticale della prova penetrometrica dinamica (DPSH1)

LIVELLO B

Il livello B risulta costituito da terreni coesivi di natura limosa o argilloso-limosa, appartenenti all'Unità di Niviano (AES7a)

Unità litostratigrafica	Litologia	Profondità*	γ'	C_u	ϕ_u	c'	ϕ'	ϕ_{cv}	E
		m	kN/m ³	KPa	°	MPa	°	°	MPa
AES8a	L_LA	da 3,5 a 7,5 m dal p.c.	18,0 - 18,5	60-80	0	0	22-24	20 - 22	4 - 5

γ' = peso di volume - C_u = coesione in termini di sforzi totali - ϕ_u = angolo di attrito in termini di sforzi totali; c' = coesione in termini di sforzi efficaci - ϕ' = angolo di attrito di picco in termini di sforzi efficaci - ϕ_{cv} = angolo di attrito a volume costante in termini di sforzi efficaci; E = modulo elastico;

* Le quote sono intese lungo la verticale della prova penetrometrica dinamica (DPSH1)

LIVELLO C

Il livello C è costituito da ghiaie e ciottoli, eterometrici ed arrotondati, in matrice argilloso-limosa, appartenenti all'Unità di Niviano (AES7a)

Unità litostratigrafica	Litologia	Profondità*	γ'	C_u	ϕ_u	c'	ϕ'	ϕ_{cv}	E
		m	kN/m ³	KPa	°	MPa	°	°	MPa
AES8	GS_S	da 7,5 m dal p.c. a oltre 15 m	19.5 – 20	-	0	0	34-36	32-34	15 – 20

γ' = peso di volume - C_u = coesione in termini di sforzi totali - ϕ_u = angolo di attrito in termini di sforzi totali; c' = coesione in termini di sforzi efficaci - ϕ' = angolo di attrito di picco in termini di sforzi efficaci - ϕ_{cv} = angolo di attrito a volume costante in termini di sforzi efficaci; E = modulo elastico;

* Le quote sono intese lungo la verticale della prova penetrometrica dinamica (DPSH1)

LIVELLO D

Il livello D è costituito da ghiaie e ciottoli, eterometrici ed arrotondati, in matrice argilloso-limosa, appartenenti all'Unità di Modena (AES8a)

Unità litostratigrafica	Litologia	Profondità*	γ'	C_u	ϕ_u	c'	ϕ'	ϕ_{cv}	E
		m	kN/m ³	KPa	°	MPa	°	°	MPa
AES8	GS_S	da 1 ÷ 1,5 m dal p.c. a oltre 15 m	19.5 – 20	-	0	0	36-38	34-36	15 – 20

γ' = peso di volume - C_u = coesione in termini di sforzi totali - ϕ_u = angolo di attrito in termini di sforzi totali; c' = coesione in termini di sforzi efficaci - ϕ' = angolo di attrito di picco in termini di sforzi efficaci - ϕ_{cv} = angolo di attrito a volume costante in termini di sforzi efficaci; E = modulo elastico;

* Le quote sono intese a partire dal piano di calpestio del piazzale del vecchio mulino

LIVELLO R

Livello di pertinenza della pavimentazione cortilizia del vecchio mulino, costituito da materiali eterogenei di riporto a base principalmente ghiaiosa e sabbiosa con frammenti di laterizi.

Il livello R si estende da p.c. fino a 1 ÷ 1,5 m dal p.c.

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

5.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I dell'allegato A delle NTC 2008 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

NTC 2008 - Tabella 2.4.I - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tabella 5: Parametri per il calcolo della vita nominale da NTC 2008

Le opere previste dal Progetto, appartengono alla Classe 2 con $V_N \geq 50$ anni.

5.2 CLASSE D'USO

Le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito riportata:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n. 6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica

NTC 2008 - Tabella 2.4.II - Valori del coefficiente d'uso C_u

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 6: Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2008

Le opere previste dal Progetto appartengono alla Classe I con $C_u = 0,7$.

5.3 PERIODO DI RIFERIMENTO

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \cdot C_u$$

In relazione alla destinazione d'uso prevista, per determinare il tempo di ritorno sono stati quindi considerati i seguenti parametri delle opere in progetto quali:

- Tipo di costruzione: "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale"
- Classe d'uso II: "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti"

Da questi due parametri si ottiene il periodo di riferimento della costruzione che è dato da:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 50 \cdot 0,7 = 35 \text{ anni}$$

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento.

A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Tale operazione deve essere possibile per tutte le vite di riferimento e tutti gli stati limite considerati dalle NTC; a tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due

parametri T_R e V_R P_{V_R} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Qualora l'attuale *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{V_R} fissate, il valore del generico parametro p (a_g, F_o, T_c^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella *pericolosità sismica*, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\frac{T_R}{T_{R1}} \times \left[\log\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right]^{-1}$$

nella quale:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;
- T_{R1}, T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

I valori dei parametri a_g, F_o, T_c^* relativi alla *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'Allegato B delle NTC.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella 3.2.1 delle NTC 2008.

NTC 2008 - Tabella 3.2.1 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 7: Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato da NTC 2008

Nel caso in esame, considerando lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e quindi una probabilità di superamento nel periodo di riferimento della vita dell'edificio (35 anni) pari al 10%, occorre considerare un tempo di ritorno dell'evento sismico di 332 anni.

5.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Il capitolo 3.2.2 delle NTC 2008 prevede che, per la definizione dell'azione sismica in progetto, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle NTC 2008).

Sulla base dei valori di V_{s30} determinati mediante l'analisi dei microtremori effettuata ($V_{s30}=283$), si propone, di adottare per l'area d'intervento, alla luce dei dati raccolti, la categoria C corrispondente a *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 8: Categoria di suolo di fondazione

5.5 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per la determinazione dell'azione sismica locale occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

NTC 2008 - Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche

Categorie	Caratteristiche della superficie topografica (anni)
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 9: Categorie in base alle caratteristiche topografiche

L'area in esame ricade nella categoria T2.

5.6 PARAMETRI SISMICI DEL SITO

In riferimento alle considerazioni espresse nei paragrafi precedenti, si riportano di seguito i parametri sismici del sito in progetto:

Coordinate del sito (esprese in ED50): latitudine: 44, 553837 [°] - longitudine: 10,766857 [°]

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 35 anni

Coefficiente C_u : 0,7

Stato Limite	T_R	a_g	F_0	T_C^*
Operatività (SLO)	30	0.052	2.481	0.252
Danno (SLD)	35	0.055	2.484	0.256
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.142	2.400	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.183	2.392	0.295

Tabella 10: Valori dei parametri sismici a_g , F_0 , T_C^* secondo Tempi di ritorno T_R variabili

Stato Limite	S_s	C_c	S_t	K_h	K_v	A_{max}	$Beta$
Operatività (SLO)	1,500	1,650	1,200	0,019	0,009	0,916	0,200
Danno (SLD)	1,500	1,650	1,200	0,020	0,010	0,978	0,200
Salvaguardia vita (SLV)	1,500	1,590	1,200	0,061	0,031	2,510	0,240
Salvaguardia vita (SLC)	1,440	1,570	1,200	0,076	0,038	3,095	0,240

Tabella 11: Coefficienti sismici

6 POSSIBILITA' DI OCCORRENZA DI FENOMENI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi prevalentemente sabbiosi saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio.

La causa principale della liquefazione è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al p.c. in condizioni di campo libero minori di $0,1g$;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 12(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 12(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

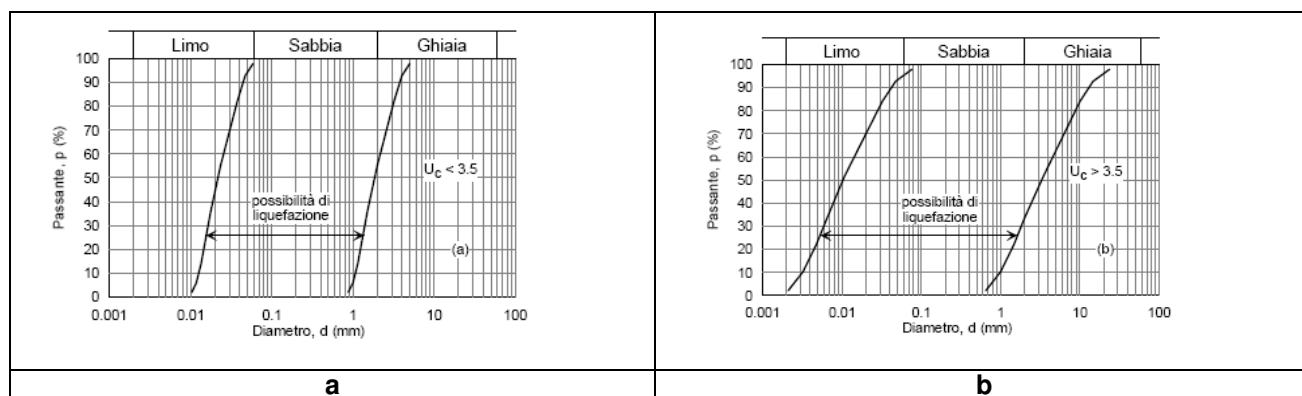


Figura 12: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione

In relazione alla natura dei terreni presenti nell'area, il fenomeno della liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in questa zona, è da ritenersi trascurabile

7 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Il presente studio ha permesso di evidenziare le caratteristiche geologiche del sito interessato dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico "Mulino Veggia", previsto nel comune di Casalgrande in provincia di Reggio Emilia.

Il sito in esame si sviluppa ai piedi dell'orlo del terrazzo fluviale che delimita i depositi dell'Unità di Niviano (AES7a) dai depositi alluvionali recenti.

Sulla base dei dati disponibili si può definire che la successione stratigrafica riscontrabile nell'area in esame è caratterizzata da ghiaie intensamente pedogenizzate affioranti o sub-affioranti in tutto il ripiano terrazzato recente (Unità di Modena); lungo la scarpata che separa i due ordini di terrazzo fluviale prevalgono invece depositi fini, di possibile origine eluvio colluviale.

Nella porzione di territorio in esame la superficie piezometrica presenta una soggiacenza di circa 5÷6 metri dal piano campagna, tale da non interferire con le opere in progetto. Tale dato si riferisce al settore pianeggiante; lungo il versante terrazzato è ipotizzabile la presenza di sporadiche emergenze idriche, i cui assi principali di deflusso seguono presumibilmente l'andamento del gradiente topografico.

Dal punto di vista della dinamica morfologica la superficie oggetto dell'intervento è da considerarsi sostanzialmente stabile e non soggetta a trasformazioni nel medio-lungo termine.

In considerazione della significativa pendenza della scarpata del terrazzo fluviale alla cui base è prevista la realizzazione dell'impianto, dovranno comunque essere previste opportune opere di sostegno del pendio.

Il Comune di Casalgrande, in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul Supplemento Ordinario n. 72 alla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, viene classificato in zona 2, cui corrispondono valori massimi dell'accelerazione massima di riferimento PGA pari a 0,25 g.

La valutazione delle Vs30 è stata realizzata grazie ad una analisi dei microtrempi (H/V). I risultati di tale prova, forniscono un valore di Vs30 di 283 m/s, inquadrando il terreno di fondazione dell'area di studio in categoria di tipo C, per la quale sono prevedibili amplificazioni sismiche locali di tipo stratigrafico.

In relazione alla natura dei terreni d'imposta delle opere in progetto, il fenomeno della liquefazione, di cui peraltro non si ha memoria storica in questa zona, è da ritenersi trascurabile.

Fatte salve tutte le determinazioni di approfondimento e dettaglio da effettuarsi per la redazione della Progettazione Esecutiva ai sensi di legge, l'area risulta idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione delle opere previste.

ALLEGATO 1
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Canale esistente a monte del vecchio mulino di Veggia



Foto 2: Salto idraulico esistente



Foto 3: Canale esistente a valle del vecchio mulino di Veggia



Foto 4: Versante terrazzato (a destra Unità di Niviano AES7a)

ALLEGATO 2
ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

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

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

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

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

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

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Ambiter srl
 - lavoro : Realizzazione manufatto idraulico
 - località : Veggia di Casalgrande (RE)
 - note :

- data : 23/12/2016
 - quota inizio : piano campagn
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	5	37,2	----	1	4,00 - 4,20	7	39,6	----	5
0,20 - 0,40	3	22,3	----	1	4,20 - 4,40	4	22,7	----	5
0,40 - 0,60	2	14,9	----	1	4,40 - 4,60	4	22,7	----	5
0,60 - 0,80	2	14,9	----	1	4,60 - 4,80	2	11,3	----	5
0,80 - 1,00	2	13,8	----	2	4,80 - 5,00	5	26,7	----	6
1,00 - 1,20	2	13,8	----	2	5,00 - 5,20	10	53,4	----	6
1,20 - 1,40	2	13,8	----	2	5,20 - 5,40	21	112,2	----	6
1,40 - 1,60	1	6,9	----	2	5,40 - 5,60	43	229,8	----	6
1,60 - 1,80	1	6,9	----	2	5,60 - 5,80	17	90,8	----	6
1,80 - 2,00	3	19,3	----	3	5,80 - 6,00	7	35,4	----	7
2,00 - 2,20	2	12,9	----	3	6,00 - 6,20	6	30,3	----	7
2,20 - 2,40	3	19,3	----	3	6,20 - 6,40	8	40,5	----	7
2,40 - 2,60	3	19,3	----	3	6,40 - 6,60	9	45,5	----	7
2,60 - 2,80	2	12,9	----	3	6,60 - 6,80	12	60,7	----	7
2,80 - 3,00	2	12,0	----	4	6,80 - 7,00	7	33,6	----	8
3,00 - 3,20	2	12,0	----	4	7,00 - 7,20	9	43,2	----	8
3,20 - 3,40	3	18,1	----	4	7,20 - 7,40	31	148,8	----	8
3,40 - 3,60	2	12,0	----	4	7,40 - 7,60	47	225,6	----	8
3,60 - 3,80	19	114,5	----	4	7,60 - 7,80	60	288,0	----	8
3,80 - 4,00	24	135,9	----	5					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,00** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

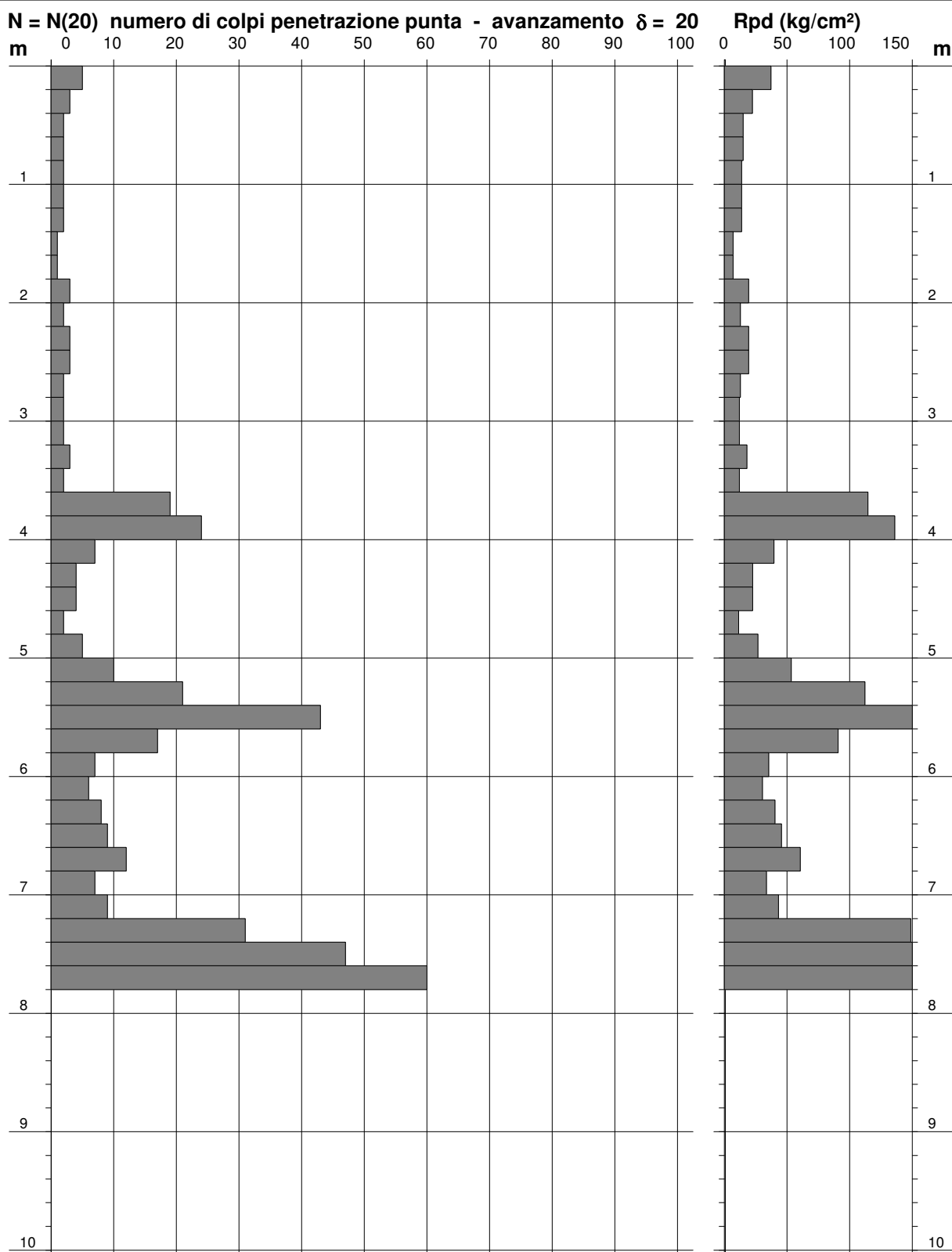
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

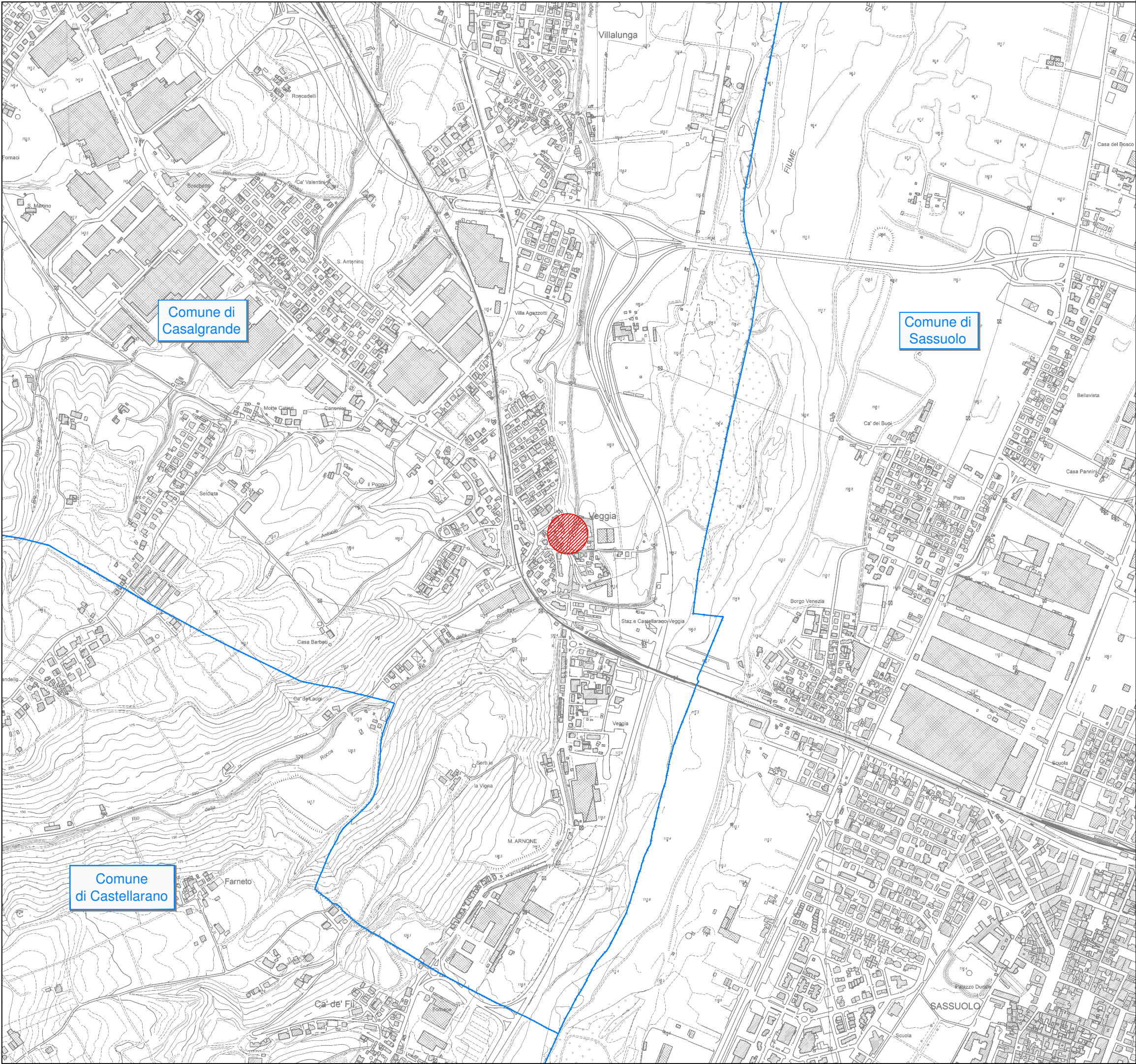
Scala 1: 50

- committente : Ambiter srl
- lavoro : Realizzazione manufatto idraulico
- località : Veggia di Casalgrande (RE)
- note :

- data : 23/12/2016
- quota inizio : piano campagn
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1



ALLEGATO 3
TAVOLE



COMMITTENTE

FV FONTANELLATO S.r.l.
Via Nicolodi 5/A, 43126 Parma (PR)

PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
COMUNE DI CASALGRANDE

IMPIANTO IDROELETTRICO
“MULINO VEGGIA”
Canale di Reggio

RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA



AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630
fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

LEGENDA



Area in esame



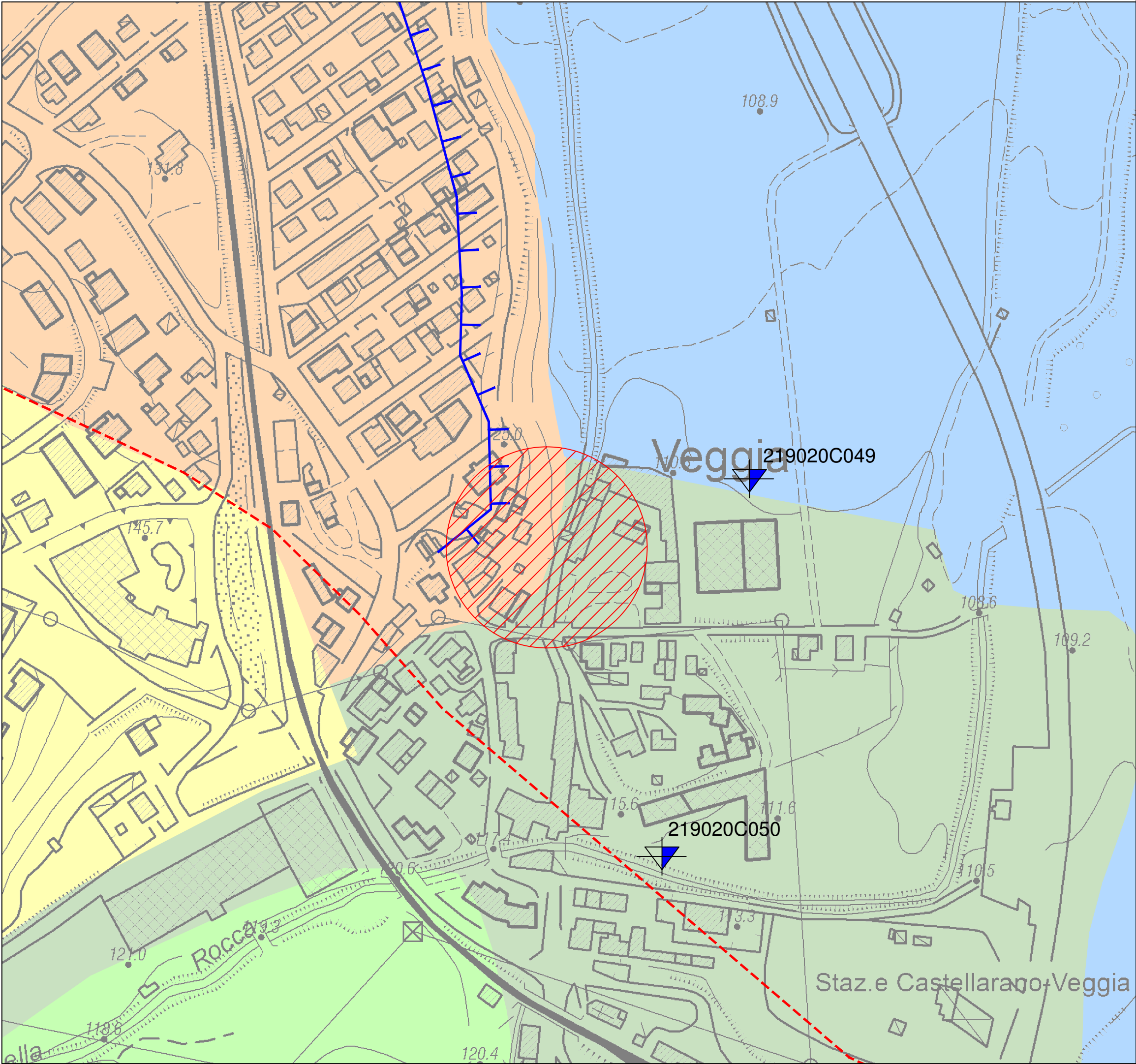
Confine comunale

CODIFICA 1418 RGS 02 16

TAVOLA	NOME	TIPO
01	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	planimetria
		SCALA 1:10.000

03				
02				
01				
00	12/2016	A. Biasia F. Ravaglia	G. Neri	
REV.	DATA	REDAZIONE	APPROV.	DESCRIZIONE

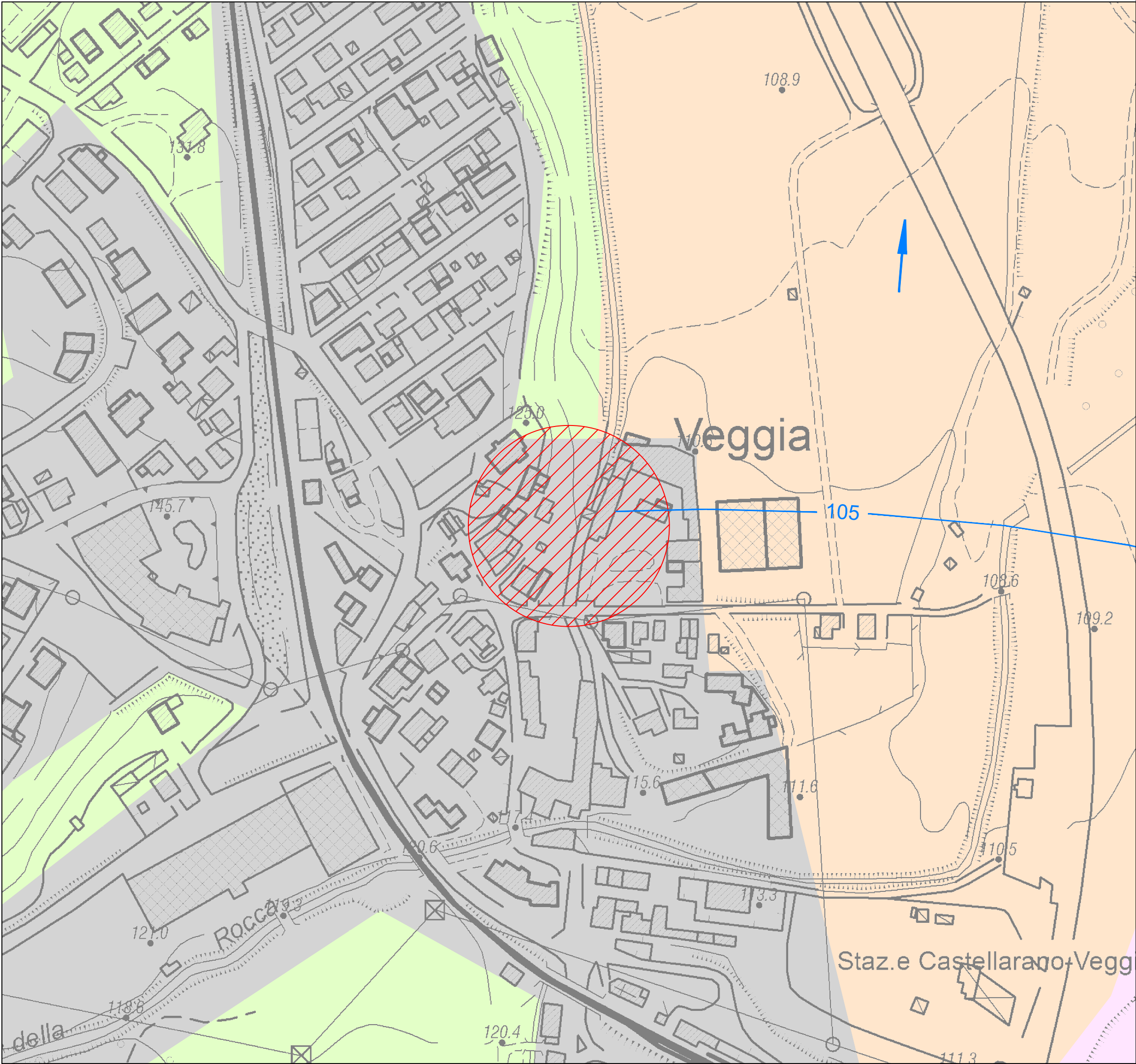
FILE	COMMESSA
1448_02_Cartografia_01_01.dwg	1448
RESPONSABILE ARCHIVIAZIONE	
AB	



COMMITTENTE	
FV FONTANELLATO S.r.l. Via Nicolodi 5/A, 43126 Parma (PR)	
PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA	
COMUNE DI CASALGRANDE	
IMPIANTO IDROELETTRICO "MULINO VEGGIA" Canale di Reggio	
RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA	
AMBITER S.r.l. società di ingegneria ambientale via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it	

LEGENDA	
	Area in esame
Geologia	
	B1_ Depositi alluvionali in evoluzione (Ghiaie prevalenti)
	AES8a_ Unità di Modena (Ghiaie sabbiose e limi)
	AES8_ Subsistema di Ravenna (Ghiaie sabbiose e limi)
	AES7a_ Unità di Niviano (Ghiaie sabbiose e limi stratificati)
	FAA_ Formazione delle Argille Azzurre (Peliti debolmente marnose e siltose)
	Faglia sepolta
	Prova penetrometrica dinamica disponibile
Geomorfologia	
	Orlo di terrazzo

CODIFICA		1448 RGS 02 116	
TAVOLA	NOME	TIPO	
02	CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	planimetria	
		SCALA	
		1:2.000	
03			
02			
01			
00	12/2016	A. Biasia F. Ravaglia	G. Neri
REV.	DATA	REDAZIONE	APPROV.
FILE		COMMESSA	
1448_02_Cartografia_01_01.dwg		1448	
RESPONSABILE ARCHIVIAZIONE			
AB			



COMMITTENTE

FV FONTANELLATO S.r.l.
Via Nicolodi 5/A, 43126 Parma (PR)

PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA

COMUNE DI CASALGRANDE

IMPIANTO IDROELETTRICO
"MULINO VEGGIA"

Canale di Reggio

RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA

AMBITER S.r.l.
società di ingegneria ambientale

via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630
fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

LEGENDA

Area in esame

Vulnerabilità degli acquiferi

Vulnerabilità estremamente elevata

Vulnerabilità elevata

Vulnerabilità media

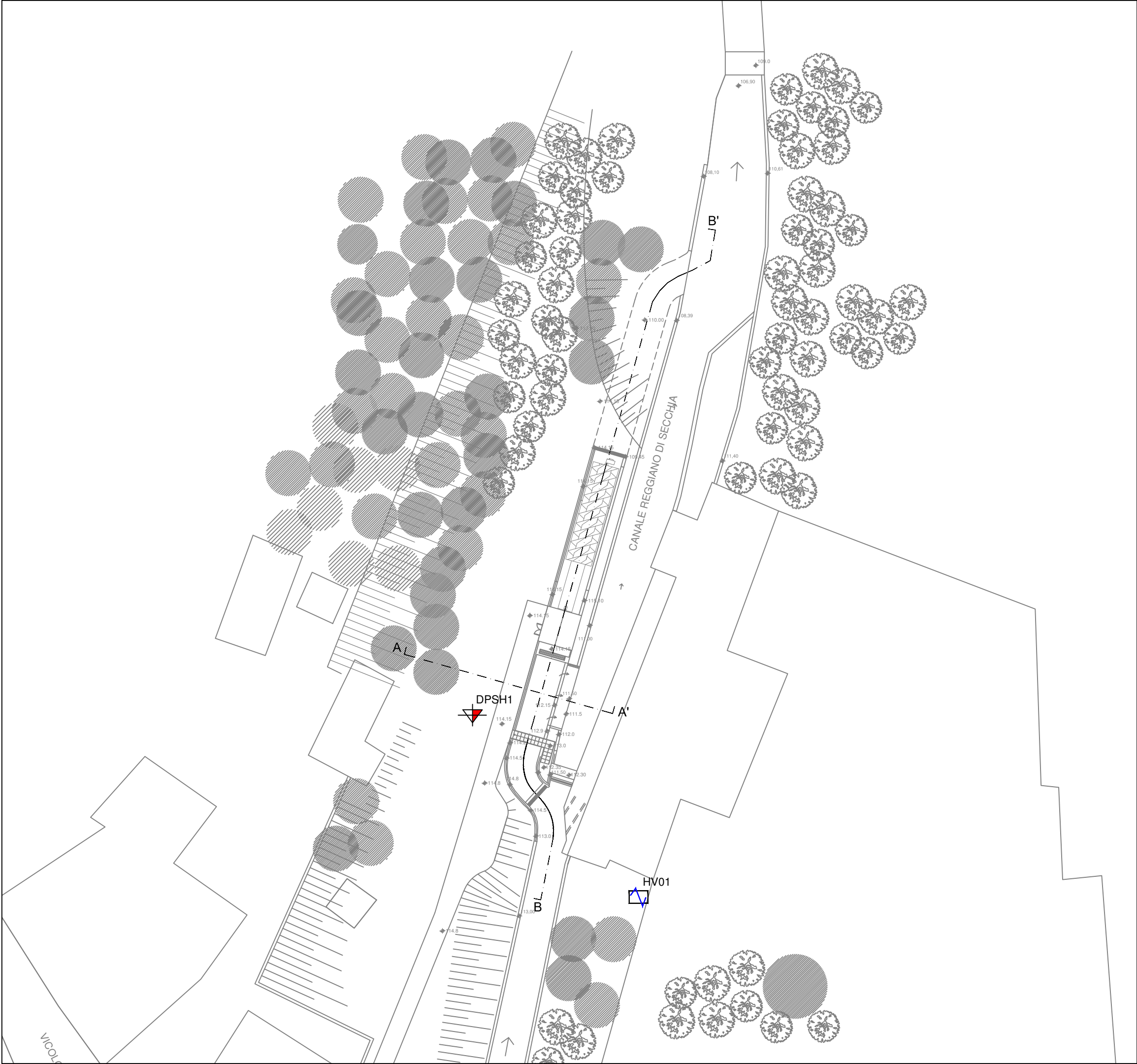
Aree urbanizzate

Idrogeologia

Isofreatiche (m s.l.m)

Direzione del flusso idrico sotterraneo

CODIFICA		1448 RGS 02 16					
TAVOLA	NOME				TIPO		
03	CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA'				planimetria		
					SCALA 1:2.000		
03							
02							
01							
00	12/2016	A. Biasia	F. Ravaglia	G. Neri			
REV.	DATA	REDAZIONE		APPROV.	DESCRIZIONE		
FILE					COMMESSA		
1448_02_Cartografia_01_01.dwg					1448		
RESPONSABILE ARCHIVIAZIONE							
AB							



COMMITTENTE


FV FONTANELLATO S.r.l.
Via Nicolodi 5/A, 43126 Parma (PR)

PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA

COMUNE DI CASALGRANDE



IMPIANTO IDROELETTRICO
“MULINO VEGGIA”
Canale di Reggio

RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA
Prova penetrometrica dinamica (DPSH)

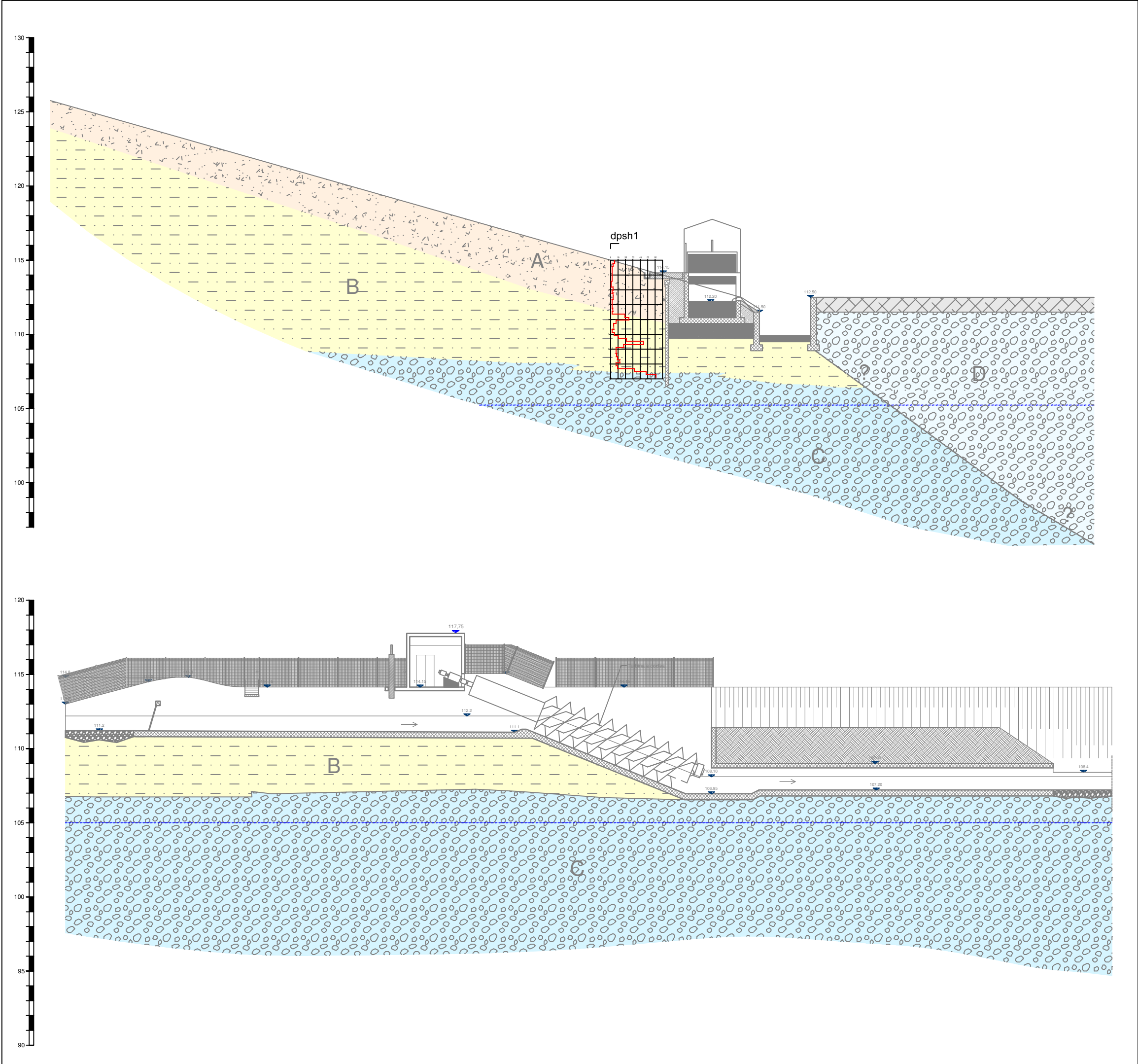
 **AMBITER** S.r.l.
società di ingegneria ambientale

via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630
fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

LEGENDA

-  Analisi dei microtremori (HV)
-  Traccia sezione stratigrafica

CODIFICA		1448 RGS 02 16			
TAVOLA		NOME			TIPO
04	PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI			planimetria	
				SCALA	
				1:400	
03					
02					
01					
00	12/2016	A. Biasia	F. Ravaglia	G. Neri	
REV.	DATA	REDAZIONE		APPROV.	DESCRIZIONE
FILE					COMMESSA
1448_02_Cartografia_01_01.dwg					1448
RESPONSABILE ARCHIVIAZIONE					
AB					




COMMITTENTE
FV FONTANELLATO S.r.l.
Via Nicolodi 5/A, 43126 Parma (PR)

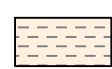
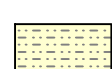




PROVINCIA DI REGGIO NELL'EMILIA
COMUNE DI CASALGRANDE

**IMPIANTO IDROELETTRICO
"MULINO VEGGIA"**
Canale di Reggio

RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA

 **AMBITER** S.r.l.
società di ingegneria ambientale
via Nicolodi, 5/A 43126 Parma tel. 0521-942630
fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

LEGENDA

-  **Livello A**
(Argille e argille limose)
-  **Livello B**
(Limi e limi argillosi)
-  **Livello C**
(Ghiaie e ghiaie sabbiose)
-  **Livello D**
(Ghiaie e ghiaie sabbiose)
-  **Livello freatico**
-  **dps1**
prova penetrometrica dinamica

CODIFICA		114148				RGS	02	116
TAVOLA		NOME					TIPO	
05		SEZIONI STRATIGRAFICHE					sezioni	
							SCALA	
							1:250	
03								
02								
01								
00	12/2016	A. Biasia	F. Ravaglia	G. Neri				
REV.	DATA	REDAZIONE		APPROV.	DESCRIZIONE			
FILE							COMMESSA	
1448_02_Cartografia_01_01.dwg							1448	
RESPONSABILE ARCHIVIAZIONE								
AB								