



REGIONE EMILIA ROMAGNA



PROVINCIA DI MODENA



COMUNE DI MONTECRETO

## *RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA*

*a supporto del progetto di realizzazione di una nuova centrale mini-idro presso l'esistente impianto idroelettrico "Salto residuo Strettara" nel Comune di Montecreto (MO)*



Rif. 171155

Novembre 2017

Dott. Geol. Matteo Bizioli

Dott. Geol. Matteo Bizioli  
Via Predore 61  
24067 - Sarnico (BG)  
cell: 347.1103012  
e-mail: [matteo.bizioli@gmail.com](mailto:matteo.bizioli@gmail.com)



## **INDICE**

|  |    |
|--|----|
| PREMESSA.....                                | 3  |
| 1.0 INQUADRAMENTO.....                       | 4  |
| 2.0 SINTESI DI PROGETTO .....                | 5  |
| 3.0 QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....  | 8  |
| 4.0 ASPETTI IDROGRAFICI .....                | 11 |
| 4.1 INTERFERENZA CON LE VALLI LATERALI ..... | 12 |
| 5.0 VINCOLI.....                             | 12 |
| 6.0 RISCHI GEOLOGICI NATURALI E INDOTTI..... | 14 |
| 7.0 CARATTERI GEOLOGICI DEL SITO.....        | 15 |
| 8.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....           | 16 |
| 8.1 NORMATIVA SISMICA.....                   | 16 |
| 8.2 CARATTERI SISMICI LOCALI.....            | 17 |
| 8.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE .....         | 17 |
| 9.0 FASE DI SINTESI .....                    | 18 |

## PREMESSA

La presente relazione di fattibilità geologica è stata redatta a supporto del progetto di esecuzione di una nuova centrale mini-idro nel punto di scarico d'acqua della centrale idroelettrica denominata "Strettara" di proprietà di EnelGreenPower nel Comune di Montecreto (MO).

Il presente elaborato esamina le tavole progettuali del sistema idroelettrico proposto, fornite dalla società Eltech srl, all'interno del contesto geologico, geomorfologico e idraulico.

L'impianto in progetto è del tipo ad acqua fluente, per valorizzare il salto residuo di acqua già concessa del Torrente Scoltenna ai fini energetici, senza sottensione di alveo naturale; il progetto prevede l'utilizzo dell'acqua del canale di scarico esistente in sponda sinistra idrografica del Torrente Scoltella, senza incremento di portata derivata dal corpo idrico naturale. Le acque verranno restituite al torrente nello stesso punto di restituzione del canale di scarico esistente.

Al fine di definire il contesto geologico su cui insistono le opere in progetto ed il quadro di dettaglio dello stato dei luoghi, si è provveduto a:

- esaminare il PRG vigente per il Comune di Montecreto approvato con Delibera GR n. 37 del 9 febbraio del 1982, poi modificato con varianti successive, di cui l'ultima approvata nel 2013;
- consultare il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) inerente le aree in dissesto e di fattibilità geologica/sismica, entrato in vigore in data 08/04/2009, approvato dal Consiglio Provinciale di Modena con propria Delibera n. 46 del 18.03.2009;
- verificare la documentazione della Regione Emilia Romagna inerente la delimitazione delle aree in dissesto e della fattibilità geologica;
- consultare il documento "l'individuazione delle aree e dei siti per l'installazione di impianti di produzione di energia elettrica mediante l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili: eolica, da biogas, da biomasse e idroelettrica" approvato dall'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna, con deliberazione n.51 del 26 luglio 2011;
- analizzare l'interferenza delle opere previste in progetto con la situazione geologica, geomorfologica e idrologica locale;
- sintesi dei dati raccolti e conclusioni.

Il Comune di Montecreto si colloca in classe di sismicità 3 indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1435 del 21.07.2003.

La presente relazione è da intendersi quale svincolo alla fattibilità geologica dell'intervento.



Vista fotografica. A sx scarico delle acque della centrale esistente nel Torrente Scoltella, a destra vista della centrale

## 1.0 INQUADRAMENTO

Il sito su cui insiste il progetto della nuova centrale mini-idro si colloca ad una quota altimetrica di circa 550 mt s.l.m. all'interno del Comune di Montecreto (MO), in sponda sinistra idrografica al Torrente Scoltenna, facente parte del reticolo idrografico del Fiume Panaro, come riportato nelle corografie seguenti tratte dal Sit della Comunità Montana del Frignano, cfr. figure 1 e 2. La centrale mini-idro in progetto prevede lo sfruttamento delle acque di scarico già sfruttate dalla centrale di Strettara, realizzandola nella porzione di valle della centrale esistente a ridosso della sponda del torrente.

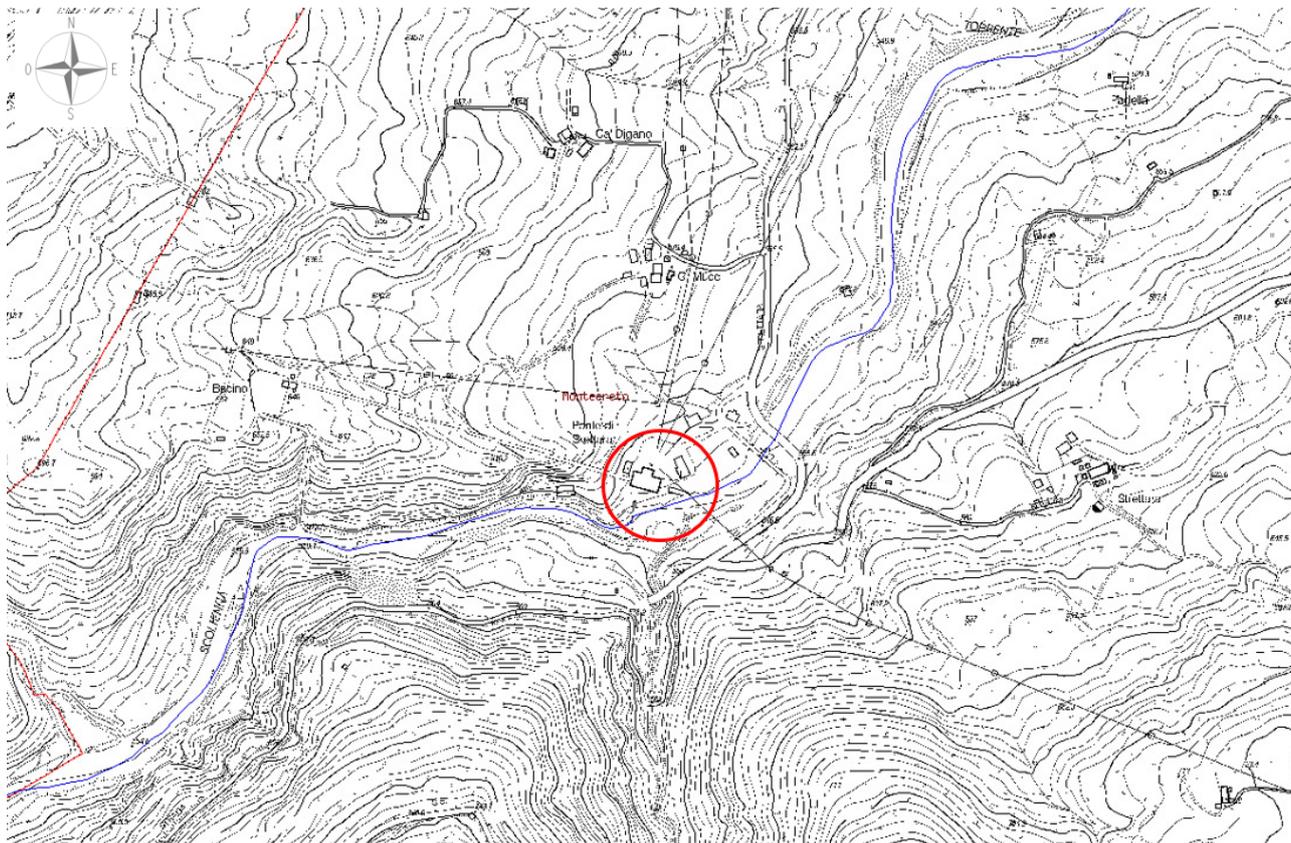


Figura 1. Corografia (Carta Tecnica da Sit della Comunità Montana del Frignano)

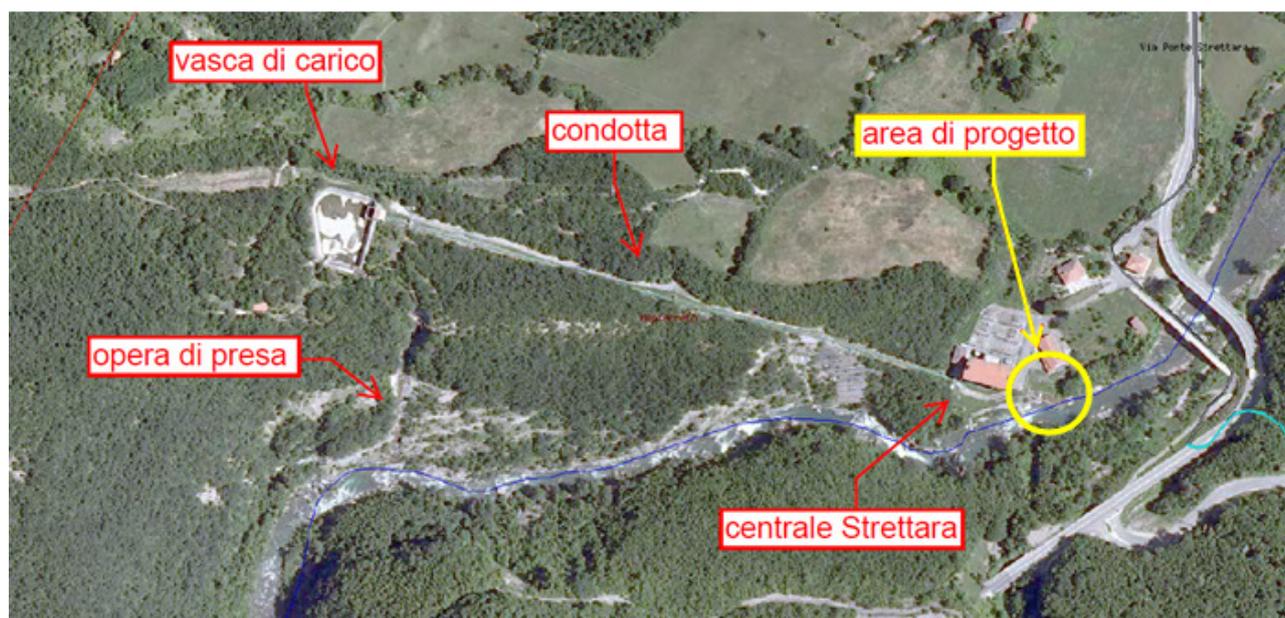


Figura 2. Corografia (Foto aerea dal Sit della Comunità Montana del Frignano)

## 2.0 SINTESI DI PROGETTO

L'esistente centrale idroelettrica di STRETTARA è ubicata nel comune di Montecreto in provincia di Modena e fa parte degli impianti del Nucleo Impianti Enel di Bologna situati sull'asta fluviale del Torrente Scoltenna. E' una centrale a bacino con un bacino imbrifero pari a 149,69 Km<sup>2</sup>, a cui fa capo una derivazione idroelettrica, in grado di fornire una potenza efficiente di 6.000 kW e una producibilità media annua di circa 31 GWh. L'impianto idroelettrico di Strettara utilizza i deflussi del bacino di Riolutato. L'opera di derivazione, costituita da un canale a pelo libero, ha una lunghezza complessiva di 5.556 mt.; al termine dell'opera di derivazione è ubicata la vasca di carico con una capacità complessiva di 4.000 m<sup>3</sup>. Dal bacino di carico si diparte la condotta forzata costituita da una tubazione metallica in lamiera di acciaio della lunghezza di 453 mt.; la condotta è installata all'aperto ed è munita in testa di una valvola a farfalla con chiusura a contrappeso. Nella Centrale realizzata all'aperto con edificio sopra terra sono installati due gruppi Francis- Alternatore ad asse orizzontale. A ridosso del fabbricato di Centrale è ubicata la stazione di trasformazione a 132kV in semplice sbarra costituita da due stalli trasformatore e da due stalli di linea. L'opera di scarico a pelo libero restituisce la portata scaricata dai gruppi nel torrente Scoltenna. L'impianto è stato costruito nel 1.919, è stato automatizzato nel 1.980 e la conduzione è di tipo automatica autonoma.

*Dallo scarico delle esistenti turbine al rilascio al Torrente Scoltenna vi è un salto non utilizzato di 3,8 metri che potrebbe essere valorizzato installando una centrale mini-idroelettrica.*

Lo scopo dell'opera è quello di produrre energia elettrica da fonte energetica rinnovabile quale quella idraulica, nello spirito delle leggi n°308 del 29 maggio 1982 e n° 9-10 del 9 gennaio 1991. L'opera in progetto si configura come "Opera pubblica e di interesse pubblico", di grande valenza ambientale in quanto sarà in grado di produrre energia pulita da fonte rinnovabile nello spirito degli obiettivi del protocollo di Kyoto, riguardanti la riduzione delle emissioni responsabili dell'effetto serra. Di seguito si riportano una sintesi delle caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto e uno stralcio delle tavole progettuali, cfr. figure 3.

Le portate realmente turbinabili sono:

- Portata massima pari a 8,0 [m<sup>3</sup>/s] limitata a 6 [m<sup>3</sup>/s] dalle caratteristiche della coclea;
- Portata media pari a 3,54 [m<sup>3</sup>/s];

Il salto idraulico è calcolato come dislivello tra l'altezza piezometrica nel canale di carico e quella del livello del torrente in regime di morbida pari a 3,80 [m].

Il gruppo di produzione sarà costituito da una turbina di tipo a vite senza fine dalle seguenti caratteristiche:

- Diametro della vite: circa 3.400 mm;
- Lunghezza della vite: circa 10.000 mm;
- Angolo di inclinazione: circa 22°;

La potenza idraulica media disponibile:

$$- P_{idr} [W] = \rho \times H \times Q_{media} \times g = 1.000 \times 3,80 \times 3,54 \times 9,81 = 131.964,12 [W]$$

La potenza elettrica media:

$$- P_{elettr} [W] = \rho \times H \times Q_{media} \times g \times \eta = 1.000 \times 3,80 \times 3,54 \times 9,81 \times 0,7 = 92.374,884 [W]$$

dove:

$$Q_{media} = \text{portata media} = 3,54 [m^3/s], Q_{max} = \text{portata massima} = 6,00 [m^3/s], H_{medio} = \text{salto} = 3,80 [m],$$

$$\rho = \text{densità acqua} = 1.000 [kg/m^3], g = \text{accelerazione di gravità} = 9,81 [m/s^2], \eta = \text{rendimento impianto} = 0,7$$

La producibilità media dell'impianto idroelettrico sarebbe pari a:

- $E_{nominale} = (\rho \times H \times Q_{media} \times g \times \eta \times 24 \times 365) / 1.000 [kWh/anno]$
- $E_{nominale} = (1.000 \times 3,8 \times 3,54 \times 9,81 \times 0,7 \times 24 \times 365) / 1.000 = 809.204 [kWh/anno]$

Calcolo della minor produttività per idraulicità del fiume:

$$- E_{nominale} = 809.204 - 42.170 = 767.034 [kWh]$$

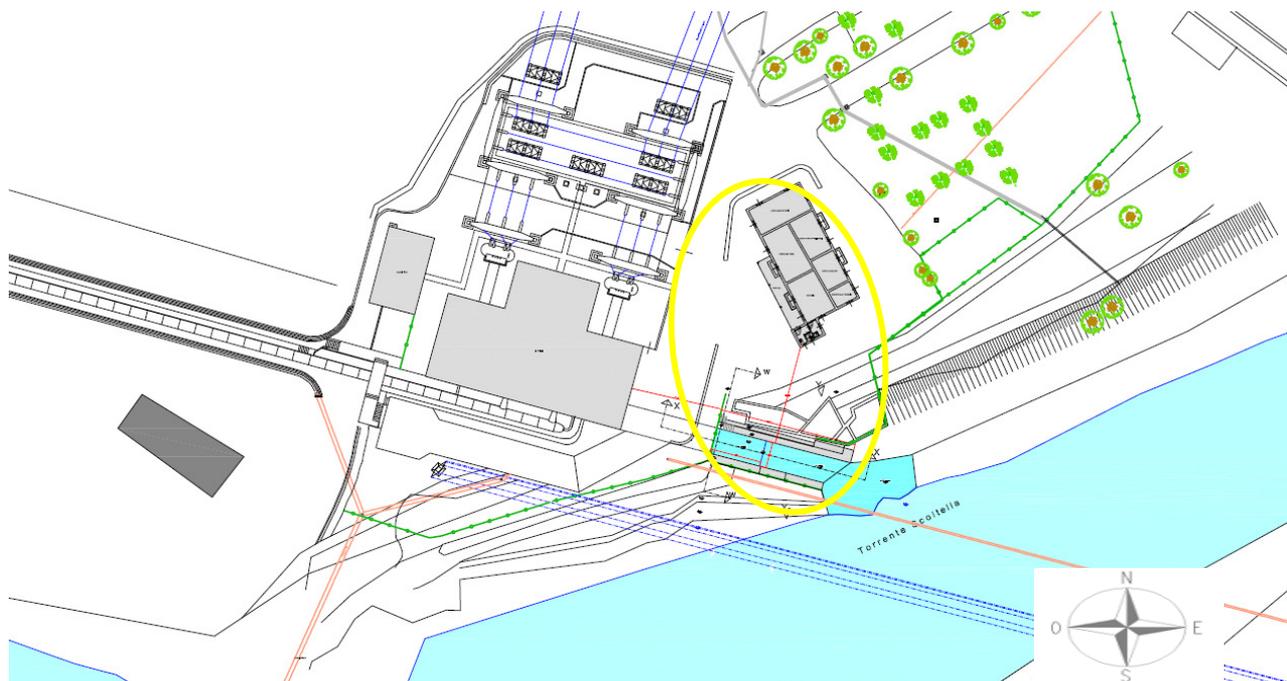


Figura 3a. Planimetria stato di fatto della centrale di Strettara con ubicazione area di intervento (tratto giallo)

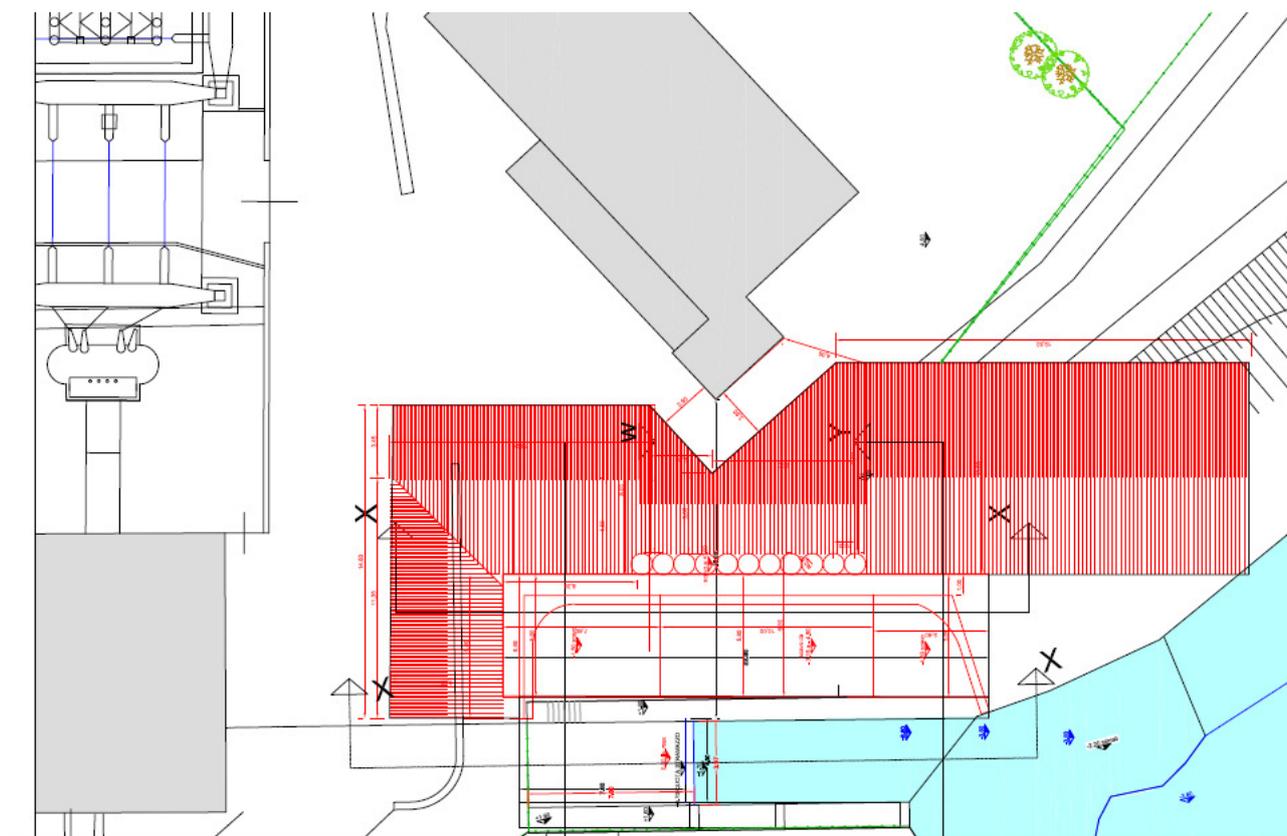


Figura 3b. Planimetria pianta di sbancamento dell'intervento in progetto

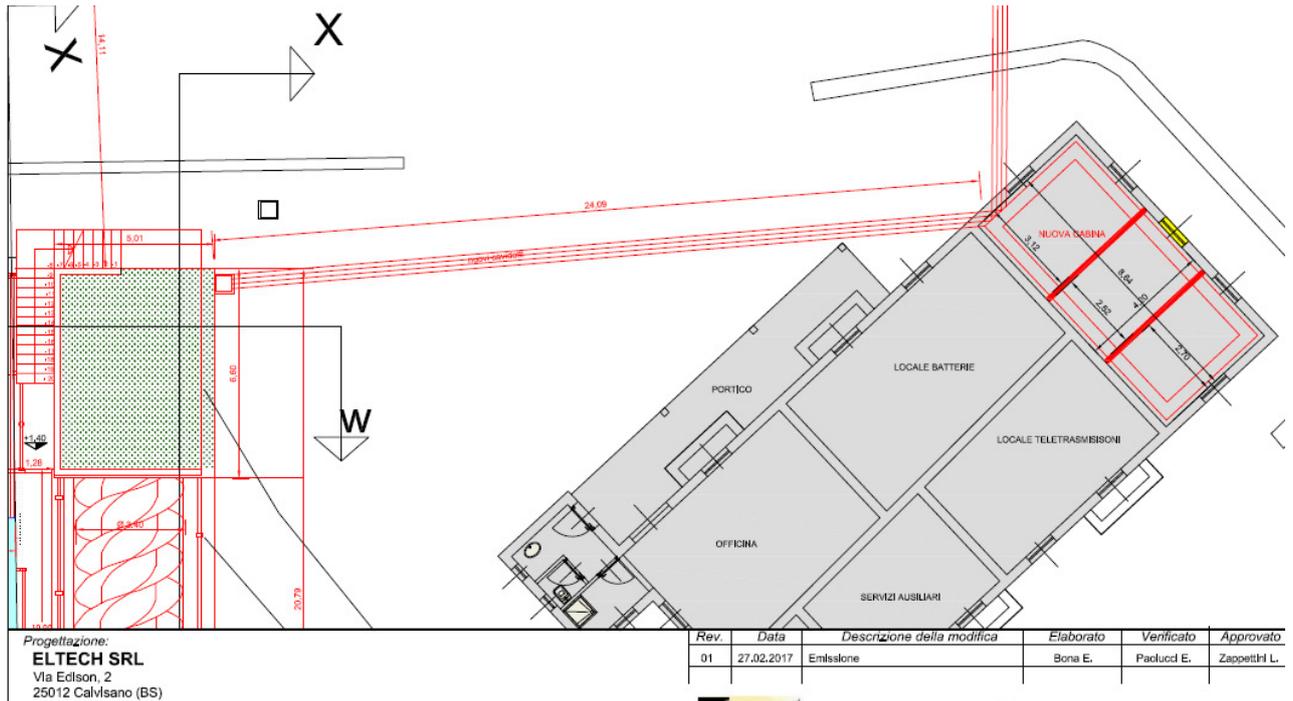


Figura 3c. Planimetria pianta della nuova cabina con collegamento al nuovo impianto turbina

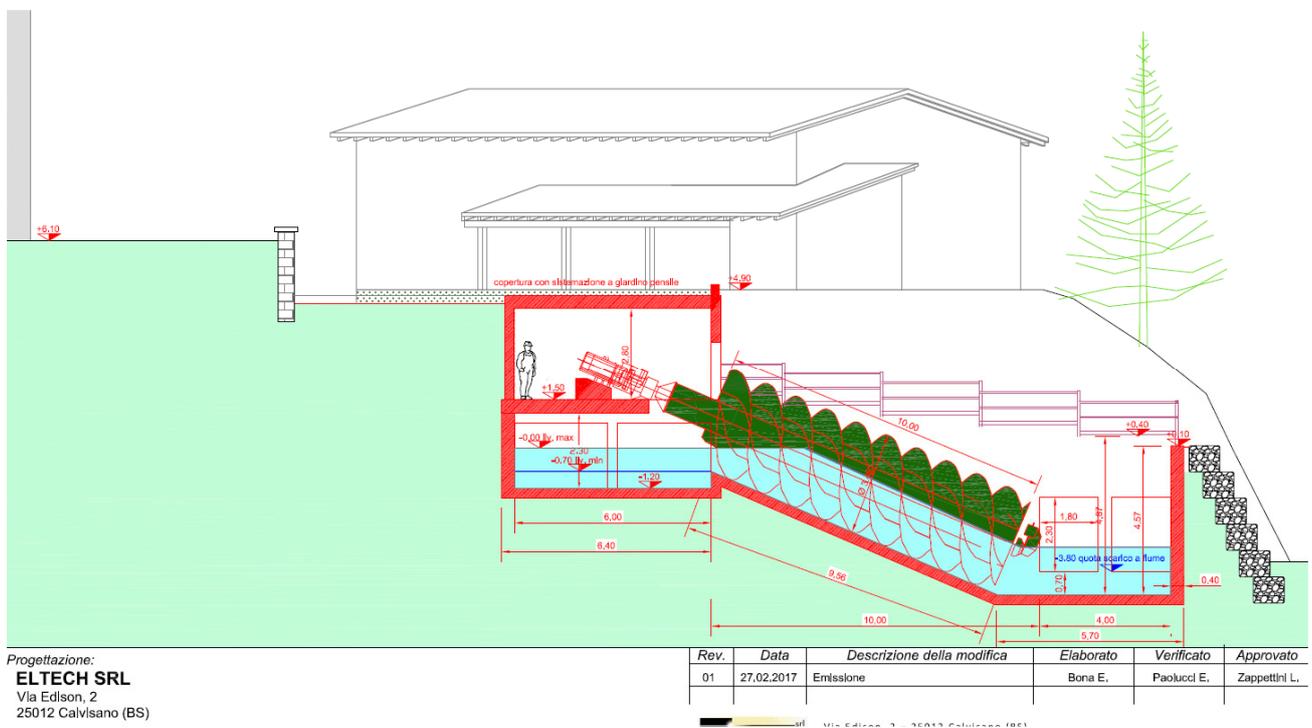


Figura 3d. Sezione X-X

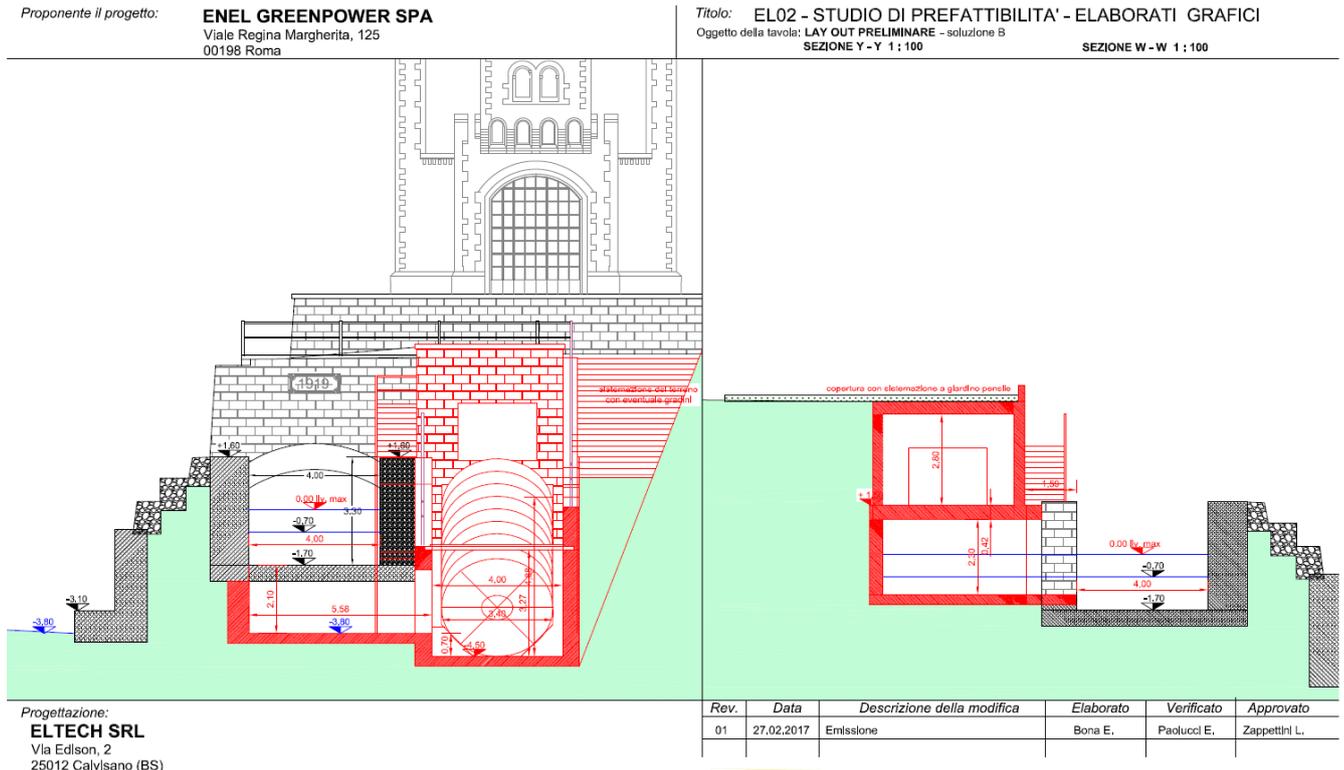


Figura 3e. Sezione Y-Y

Sezione W-W

### 3.0 QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'orogenesi appenninica si sviluppa a partire da processi che si svolgono dal Cretaceo superiore all'Attuale. In particolare le fasi tettoniche riconosciute sono, (Bettelli, Panini & Pizzolo, 2002), cfr. figura 4:

- fase ligure: corrisponde alla chiusura dell'Oceano ligure; ha coinvolto i domini liguri interni ed esterni ed il dominio subligure a partire dal Cretaceo superiore sino all'Eocene medio, in seguito al quale inizia la sedimentazione epiligure dei bacini episuturali;
- fase subligure: dall'Oligocene superiore si assiste alla collisione delle zolle continentali europea e adriatica, con la messa in posto dei domini liguri e subliguri già tettonizzati e della successione epiligure, in fase di sedimentazione, sul dominio toso-umbromarchigiano.

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Montecreto rientra nel più complessivo ambito del versante emiliano sud-orientale dell'Appennino settentrionale, facente parte dell'edificio a falde appenninico. Tale settore risulta contraddistinto da una spiccata complessità geologica, derivante soprattutto da estesi affioramenti di successioni a dominante argillosa ("argille scagliose" o "complesso caotico" dei vecchi Autori), costituenti l'originaria base stratigrafica dei flysch liguri cretacei ed olocenici, intensamente deformate dalla tettonica attiva (tettoniti).

Il territorio è geologicamente attribuibile alle Unità Liguridi Esterne (Bettelli et alii ), contraddistinte dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica. Isolate testimonianze, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, del sopracitato substrato sono rappresentate da locali masse ofiolitiche, presenti in piccola parte nel settore meridionale del territorio. I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale hanno scomposto i vari domini paleogeografici impilando e giustappoendo gli stessi in modo complesso, nel periodo che va dal Cretaceo all'attuale, sviluppandosi in due fasi. La prima di queste ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle liguridi interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più raccorciato le preesistenti strutture. Le fasi liguridi hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei Domini Liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiliguri.

Le formazioni liguri mostrano una deformazione interna maggiore rispetto quanto osservabile nelle litozone della sovrastante Successione Epiligure; in particolare la formazione delle Argille Varicolori risulta particolarmente deformata al punto che, probabilmente per il comportamento duttile dei litotipi argilloso - marnosi che la compongono, la stratificazione risulta quasi completamente cancellata. Le strutture compressive e la superficie di sovrascorrimento della coltre alloctona, risultano dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste strutture è dunque almeno successiva al Pliocene inferiore. Tali strutture disgiuntive si presentano spesso come zone di intensa fratturazione, talora senza rigetti importanti alla scala cartografica. I rigetti riconoscibili lungo tali superfici presentano sia componente verticale che orizzontale. Queste strutture recenti hanno decisamente influenzato anche la geometria del reticolo idrografico. In sintesi le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia del medio appennino modenese, al quale appartiene il territorio in esame, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- Unità Quaternarie continentali;
- Successione Epiligure;
- Liguridi;
- Successione Toscana.

Quanto sopra descritto si può riscontrare nello schema geologico riportato sopra, tratto dal foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

La carta geologica riportata di seguito tratta dal foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della CGI in scala 1:50.000, indica la presenza in luogo dell'area di progetto della nuova centralina delle seguenti formazioni geologiche, cfr. figura 5:

- Arenaria del Torrente Scoltenna (SLT) Aquitaniano – Burdigaliano  
Alternanze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati sottili a molto spessi costituiti da una porzione basale di arenarie fini o medie, gradate, passante a marna argillosa di colore prevalentemente grigio, intensamente bioturbate. Locali livelli millimetrici arricchiti in selce nera;

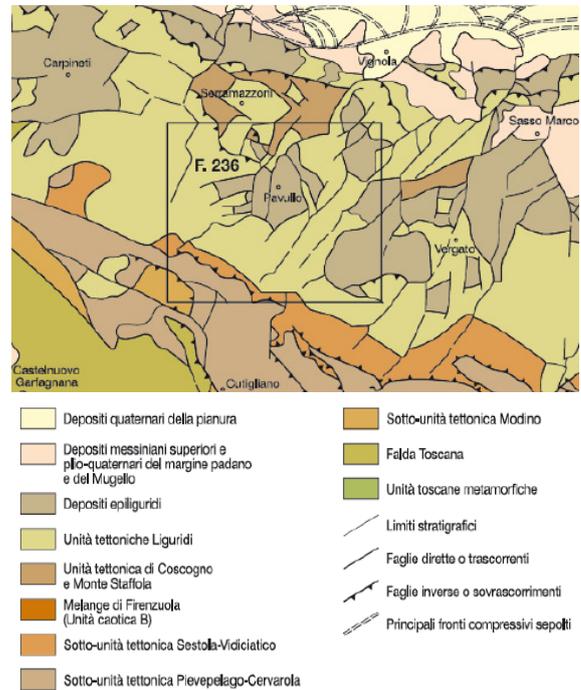
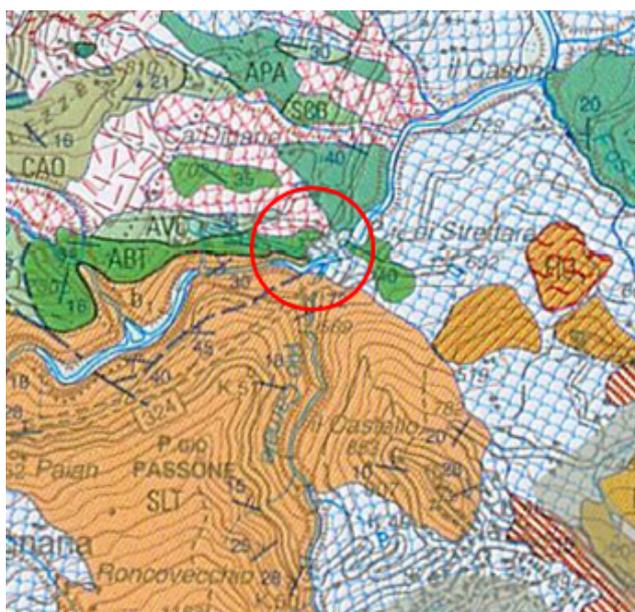


Figura 4. Schema geologico semplificato tratto dal foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della CGI



- ARENARIE DEL TORRENTE SCOLTENNA**  
SLT<sub>1</sub>  
SLT  
Alternanze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati da sottili a molto spessi costituiti da una porzione basale di arenarie fini o medie, gradate, passante a marna argillosa di colore prevalentemente grigio, intensamente bioturbate. Rapporto A/P>1. Locali livelli millimetrici arricchiti in selce nera. Sporadici banchi di spessore plurimetrico di areniti ibride passanti a marna calcarea biancastra. Verso il tetto è stata distinta una litofacies siltoso-marnosa (SLT<sub>1</sub>) costituita in prevalenza di silti grigi, in strati sottili, alternate a marni siltose, grigio-chiare, in strati sottili o medi, debolmente siltose, con rapporto AP<1. Potenza parziale di oltre 1000 m. Costituisce una porzione della avansfossa torbiditica oligo-miocenica. Contatto inferiore su CV.  
AQUITANIANO-BURDIGALIANO
- FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE**  
ABT  
Calcareni in prevalenza fini, grigi, passanti a marni calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetrici, alternate ad arenarie fini e silti o argilliti grigio-scure in strati sottili. Subordinate calcilutiti siltose in strati da medi a spessi grigio-bluastri. Locali intercalazioni di breccie poligeniche con clasti ofiolitici. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di 200 m circa. Contatto inferiore in origine stratigrafico su AVC.  
CAMPANIANO SUP.
- BRECCIE ARGILLOSE POLIGENICHE**  
BAP  
Breccie poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, silti nerastre e marni calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Potenza variabile da 0 a 100 m. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIJ e MMA.  
CRETACEO INF.-OLIGOCENE
- UNITÀ ARGILLOSO-CALCAREA**  
AVC  
Argilliti bruno verdastre in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e silti e arenarie fini in strati sottili. Rapporto A/C>1. Potenza di circa 200 m. Contatto inferiore non affiorante; interdigitazioni con BAP. Deposito di ambiente marino profondo.  
CRETACEO INF.-EOCENE

Figura 5. Stralcio carta geologica tratta dal foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della CGI in scala 1:50.000.

- Formazione dell'Abetina Reale (ABT) Campaniano sup. A:Paleocene inf.  
Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri;
- Unità Argilloso-calcareo (AVC) Hauteriviano -Cenomaniano inf.  
Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argilliticocalcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini.

Per un maggior dettaglio dal punto di vista geologico si può osservare nella carta geologica di dettaglio di figura 6, tratta dal SIT della Regione Emilia Romagna, come l'area in studio insista su una copertura quaternaria caratterizzata dall'Unità di Modena (AES8a), da depositi alluvionali in evoluzione (b1) al di sopra di un substrato roccioso costituito dalle Arenarie del Monte Cervarola (CEV4 o del T. Scoltenna) e dalla Formazione dell'Abetina Reale (ABT), cfr. figura 6:

- Unità di Modena (AES8a). Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m);
- Deposito alluvionale in evoluzione (b1). Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva;
- Arenarie del Monte Cervarola (CEV4 o del T. Scoltenna). Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici;
- Formazione dell'Abetina Reale (ABT). Rocce costituite da alternanze tre livelli lapidei e livelli pelitici. Calcareniti in prevalenza fini, grigie passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessi a molto spessi;

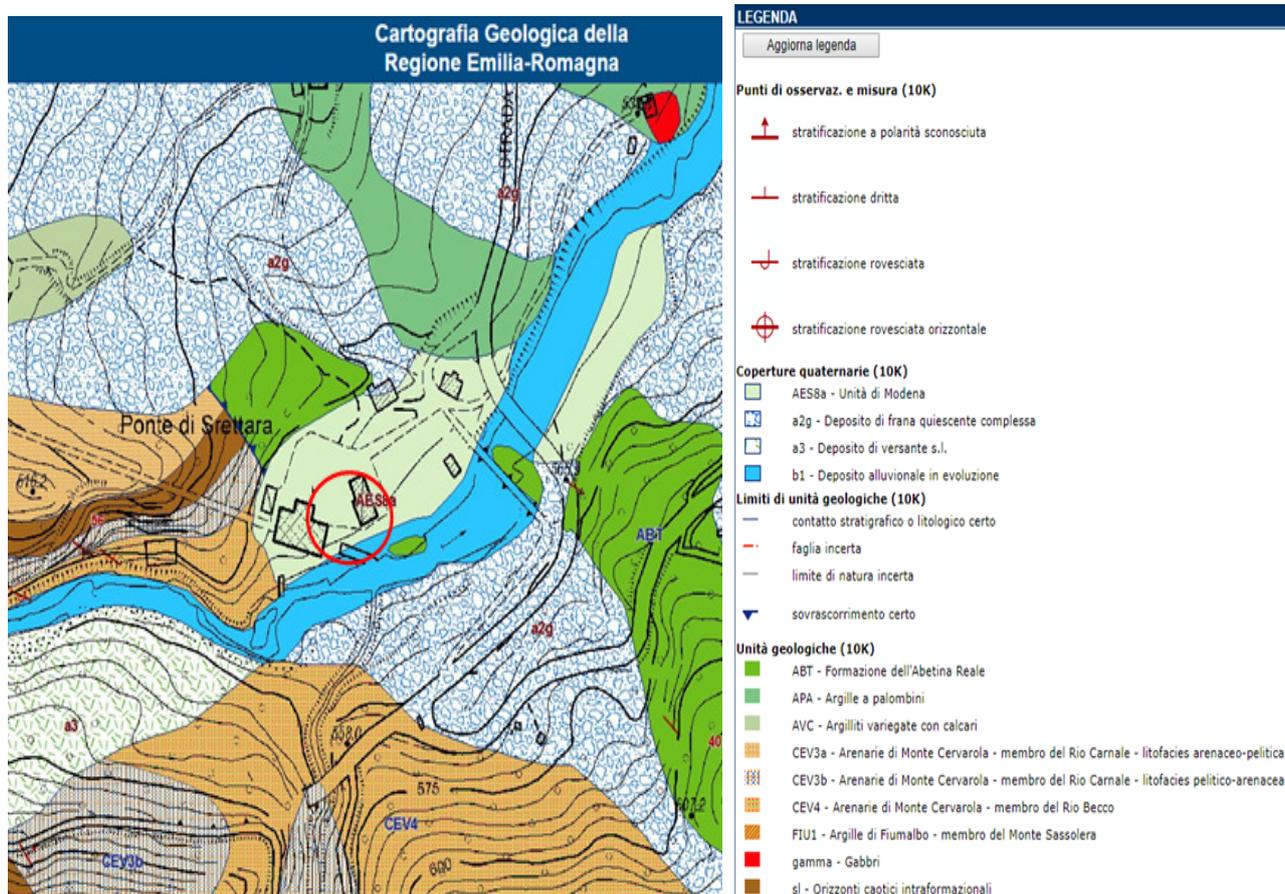


Figura 6. Stralcio carta geologica tratta dal SIT delle Regione Emilia Romagna

La geomorfologia dell'area in oggetto è condizionata dalle unità stratigrafico deposizionali affioranti; il territorio in cui si inserisce l'area in esame appare nella quasi totalità caratterizzato dalla presenza, di unità litologiche prevalentemente calcareo-marnose e arenaceo-pelitiche, quindi a componente litoide prevalente.

I corsi d'acqua presenti risultano prevalentemente impostati su dislocazioni di carattere tettonico, sia per quanto riguarda i corsi d'acqua principali, come il Torrente Scoltenna sia per i corsi d'acqua minori, come il Rio Carnale, affluente destro del T. Scoltenna. Tali elementi idrografici determinano processi di erosione lineare, soprattutto in occasione di eventi meteorici rilevanti. L'alveo dei corsi d'acqua appare spesso incassato entro vallecicole a V e possono determinare orli di scarpata fluviale, attuali o non attuali. L'evolversi dei fenomeni di erosione fluviale determina l'approfondimento dell'alveo, con conseguente erosione dei versanti circostanti e la conseguente attivazione di fenomeni di degradazione gravitativa e di frana. Questo fenomeno è facilitato dal substrato presente: in presenza di rocce prevalentemente argilloso-marnose tali fenomeni risulteranno infatti più marcati. Oltre agli orli di scarpata fluviale, le forme più tipicamente legate alla presenza di un corso d'acqua sono rappresentate dai terrazzi fluviali. Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e a limi sabbiosi verso l'alto. Quindi i terreni che costituiscono l'area in esame sono di genesi alluvionale, attribuibili principalmente alle alluvioni attuali del Torrente Scoltenna e del suo affluente destro Rio Carnale. La composizione litologica dei terreni che può essere dedotta dalla morfologia dei luoghi e dall'esame diretto di spaccati stratigrafici di analoga genesi, appare generalmente costituita da prevalenti granulometrie sabbiose ghiaiose con abbondanti ciottoli e blocchi. Si tratta in genere di terreni dalle buone caratteristiche di resistenza e dal buon comportamento tecnico. Le frazioni limose sono ridotte e si ritrovano nelle sole aree dove il corso d'acqua presenta le maggiori larghezze e le acque rallentano fortemente il loro flusso. Tale varietà litologica è correlabile alle modalità di deposizione dei terreni, dove si susseguono fasi a deposizione normale (terreni fini) e fasi di sovralluvionamento con trasporto in massa di notevoli quantità di ghiaie, ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbiosa.

#### **4.0 ASPETTI IDROGRAFICI**

Il Torrente Scoltenna, è uno dei principali torrenti dell'Emilia Romagna nonché il principale immissario del fiume Panaro. Esso nasce nel territorio di Pievepelago, indi si dirige verso valle attraverso i Comuni di Montecreto e Lama Mocogno: l'area di intervento si localizza come anticipato, in sponda sinistra idrografica in luogo dello scarico della centrale idroelettrica esistente di Strettara. Il contesto fluviale è caratteristico delle aree di fondovalle montano ed è contraddistinto da formazioni boschive e vegetazione incolta sino alle sponde del torrente caratterizzata da vegetazione ripariale.

I torrenti Scoltenna e Leo sono i più importanti corsi d'acqua della zona montana e dalla loro confluenza si origina il fiume Panaro. Nel torrente Scoltenna confluiscono il rio delle Pozze, che a sua volta riceve le acque del torrente Motte proveniente dal Passo dell'Abetone (1.388 m s.l.m.), il torrente Acquicciola, il torrente Tagliole e il torrente Perticara, che nascono rispettivamente dalle falde dell'Alpe Tre Potenze (1940 m s.l.m.), dal fianco nord del monte Rondinaio (1974 m s.l.m.) e dal monte Spicchio, mentre il rio Re e il torrente Vesale scorrono lungo i versanti del monte Cimone (2.165 m s.l.m.), in prossimità degli abitati di Montecreto e Sestola. Il torrente Scoltenna, dopo aver ricevuto gli affluenti Motte, Le Pozze, Tagliole e Perticara, da Pievepelago si dirige verso nord e dopo aver percorso un'ampia curva attorno al Cimone si congiunge, alla quota di circa 300 m s.l.m., con il torrente Leo che scende da Fanano, per dare origine al Panaro. Sul torrente Scoltenna, in corrispondenza dell'abitato di Riolunato, è presente un piccolo invaso artificiale realizzato per mezzo di una diga, le cui acque vengono utilizzate per la produzione di energia elettrica dalla centrale ENEL di Strettara, nella quale è previsto il progetto della nuova centrale mini-idro oggetto della presente.

I corsi d'acqua del tratto montano-collinare del bacino del fiume Panaro, che discendono dal crinale appenninico dai versanti del Monte Cimone e, più a valle, dalle pendici di media montagna e della collina modenese, sono caratterizzati da fenomeni erosivi più o meno intensi in corrispondenza del fondo e delle sponde degli alvei, trasportando verso valle grandi quantità di materiali. Questi fenomeni sono riconducibili anche ad azioni dinamiche delle correnti su terreni prevalentemente argillosi privi di vegetazione boschiva. Al fine di contrastare il fenomeno erosivo, sono state costruite briglie anche a distanze molto ravvicinate sino a costituire scalette e opere di tipo idraulico-forestale nei corsi d'acqua minori.

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico e il PTCP della Provincia di Modena sono strumenti per la pianificazione urbanistica e la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Con l'intesa, ai sensi della L.R. 20/2000 art.21 comma 2, sottoscritta in data 14 ottobre 2010 tra Autorità di Bacino del Po, Regione Emilia Romagna e Provincia di Modena, il PTCP di Modena ha assunto il valore e gli effetti del PAI dell'Autorità di Bacino del Po: *nell'area di intervento lungo il Torrente Scoltenna, non vi sono perimetrazione PAI delle fasce fluviali*. Il PAI norma i vincoli idrogeologici e individua (art.38) le opere quali quelle in progetto come "interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico" per cui all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non incrementare il carico insediativo. *L'opera in progetto soddisfa i criteri di compatibilità definiti dall'art. 38 delle Norme di Attuazione del PAI in quanto non costituisce significativo ostacolo al deflusso delle acque, non limita in modo significativo la capacità di invaso e non concorre ad incrementare il carico insediativo.*

In riferimento al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) della Provincia di Modena gli impianti idroelettrici sono ammessi a condizione che siano garantiti: il DMV (minimo deflusso vitale) del corso d'acqua; la qualità chimico-fisica e biologica dell'acqua; il mantenimento della vegetazione ripariale di pregio.

*Alla luce delle caratteristiche e della localizzazione prevista per il nuovo impianto in progetto non si ravvisano elementi ostativi alla realizzazione del progetto che, come già detto, utilizzerà le acque di scarico provenienti da una centrale idroelettrica esistente, non risultando esposto a rischi indotti dalle piene del fiume in quanto protetto dalle attuali opere di protezione (briglia e scogliera) e dallo scarico esistente.*

*In sintesi, alla luce del progetto che insiste nell'area in esame, le attività di costruzione delle nuove opere saranno tali da non modificare significativamente la morfologia e topografia dei luoghi così come le sezioni di deflusso dell'alveo garantendo la funzione idraulica del corso d'acqua.*

#### **4.1 INTERFERENZA CON LE VALLI LATERALI**

Le valli laterali al Torrente Scoltenna ed in particolare il tributario destro Rio Carnale (che si immette nel Torrente Scoltenna nei pressi della centrale di Strettara) in occasione di piogge intense nei brevi periodi, può essere sede di fenomeni di piena con trasporto di materiale solido detritico. Il regime idraulico di instabilità di questi bacini minori è molto diverso da quello del Torrente Scoltenna, che ha un'estensione superiore: se il Torrente Scoltenna può generare dei problemi di esondazione questo accade perché devono esserci delle piogge prolungate per diversi giorni, mentre per le valli laterali sono sufficienti alcune ore di forti piogge.

In generale si può comunque assumere che in caso di piena del Torrente Scoltenna si possano determinare anche fenomeni di portata massima per le valli laterali ed in tal caso si ritiene che le interferenze siano contenute, poiché come detto in precedenza le opere in progetto sono limitate arealmente, non comportano un restringimento della sezione di deflusso del corso d'acqua e non sono di ostacolo alle acque in deflusso dalle valli laterali. In riferimento a potenziali fenomeni di rigurgito delle acque delle valli laterali in luogo delle confluenze con il Torrente Scoltenna, le nuove opere sarebbero soggette a ridotte condizioni di rischio in virtù delle caratteristiche stesse delle strutture che essendo collocate in sponda sinistra idrografica consentirebbe un deflusso regolare delle correnti non provocando alcun intralcio.

## **5.0 VINCOLI**

Dall'esame della cartografia SIT della Regione Emilia Romagna relativa alla perimetrazione delle aree in dissesto, si evince che l'area su cui insiste il progetto in studio risulta al di fuori di perimetrazioni di dissesti attivi e/o quiescenti, cfr. figura 7. L'area oggetto di intervento ricade all'interno della perimetrazione denominata "bn- Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione" e nella sua parte terminale nell'area perimetrata come "b1- Deposito alluvionale in evoluzione" coincidente con la porzione fluviale del Torrente Scoltenna:

- "bn- Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione"

Sabbie, ghiaie, e limi, attualmente non interessati da dinamica fluviale attiva poiché posti lateralmente o a quote più alte rispetto al livello attuale dell'alveo di piena ordinaria;

- “b1- Deposito alluvionale in evoluzione”

Sabbie, ghiaie o limi di origine fluviale, attualmente soggetti a evoluzione dovuta alla dinamica fluviale attiva.

A tale riguardo sarà importante realizzare le opere in progetto in modo da non modificare la sezione di deflusso del corso d’acqua.

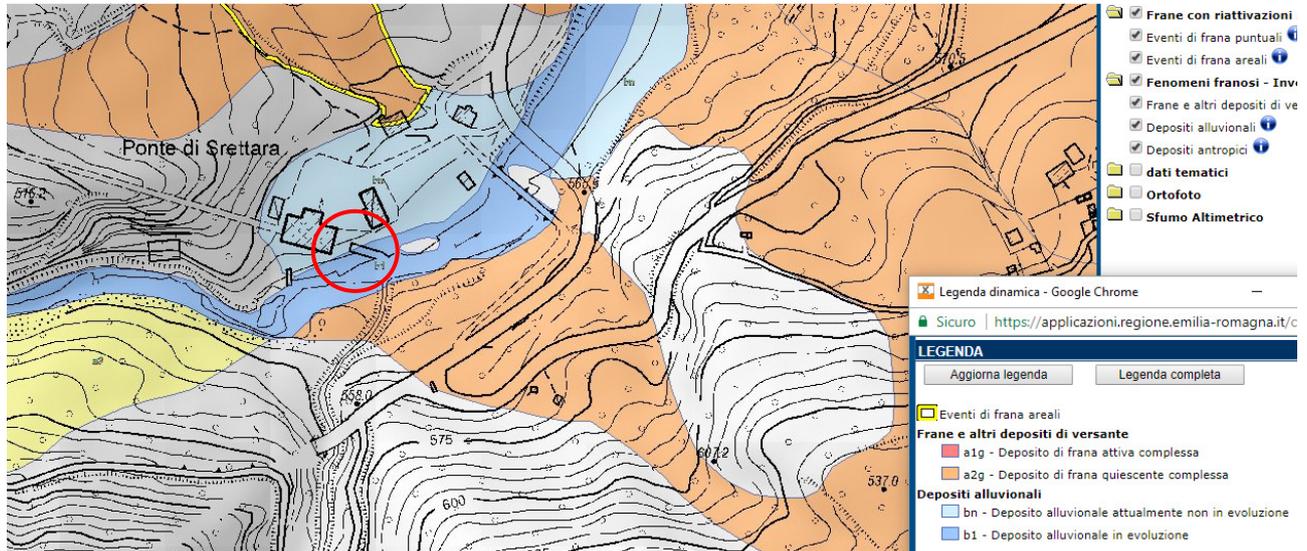


Figura 7. Stralcio carta dei vincoli tratto dal pgt comunale, con ubicazione area in studio

L’area di progetto si trova fuori da zone di frana come appare evidente dall’ estratto cartografico seguente del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) “Carta delle sicurezze del territorio. Rischio da frana”.

Il sito in studio, ricadente in sponda sinistra idrografica risulta esterno a perimetrazioni di dissesto frana. Le perimetrazioni di dissesto frana di tipo “quiescente” sono localizzate in sponda destra idrografica, tra il Rio Carnale ed il ponte di Strettara sulla strada S.P. 40, ed in sponda sinistra idrografica a valle del sito in studio, cfr. figura 8.

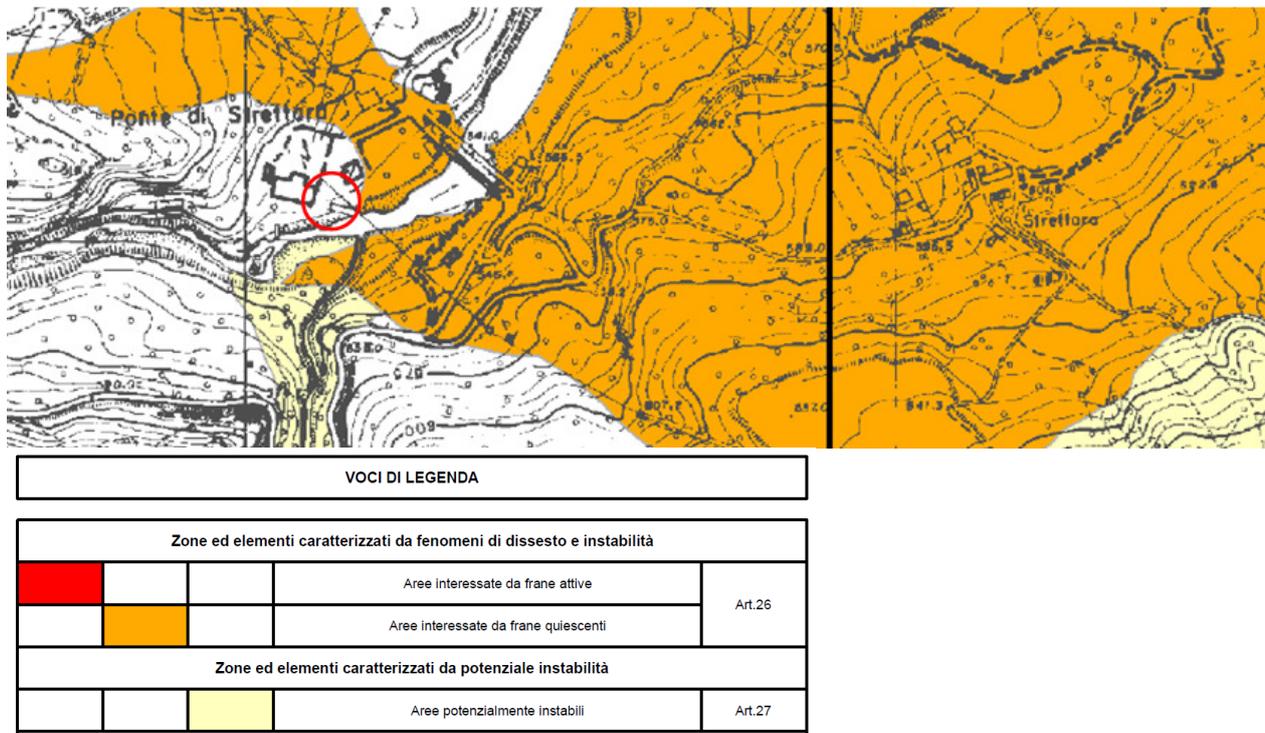


Figura 8. Stralcio “Carta delle sicurezze del territorio. Rischio da frana” (Tav. 2.1.17 PTCP)

Il Comune di Montecreto ricade in zona sismica 3 a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , pari a  $ag = 0,15g$ . Si tratta di un'area a ridosso di un alveo fluviale caratterizzata da potenziali effetti sismici con amplificazione di tipo litologico (ghiaie), cfr. figura 9.

Per la definizioni dei parametri sismici di sito si è fatto riferimento ai dati bibliografici di cui si riportano alcuni stralci nei paragrafi successivi.



| Effetti attesi |  |
|----------------|--|
| 1              | <p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.</p>  |
| 2              | <p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambienti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p> |
| 3              | <p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello.</p>  |
| 4              | <p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambienti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>                |
| 5              | <p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello.</p>  |
| 6              | <p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/>                     studi*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;<br/>                     microzonazione sismica*: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambienti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>  |

Figura 9. Stralcio "Carta delle sicurezze del territorio. Rischio sismico" (PTCP)

## 6.0 RISCHI GEOLOGICI NATURALI E INDOTTI

Come accennato precedentemente, relativamente ai rischi geologici naturali, si può ritenere che nell'area in esame ed in un intorno significativo di possibile influenza delle opere non siano rilevabili elementi geomorfologici attivi.

Per quanto riguarda i rischi indotti, si possono considerare:

- ✓ possibili locali fenomeni di cedimento differenziale delle nuove opere laddove non sia siano verificate le reali caratteristiche tecniche dei terreni su cui poggeranno le nuove strutture e nel caso le fondazioni vengano appoggiate su litotipi dal comportamento geotecnico plastico e non uniforme;

- ✓ potenziali fenomeni di cedimento/lesioni delle strutture esistenti (edifici della centrale idroelettrica e impianti esistenti) nell'intorno dell'area di realizzazione delle nuove opere, a causa dell'arretramento del ciglio di scavo per la realizzazione delle nuove opere e della locale presenza di acque di circolazione sottosuperficiali. In particolare lo scavo verso nord per il raggiungimento delle quote di imposta delle nuove strutture in progetto dovrà essere eseguito con gli adeguati accorgimenti, realizzando anche una paratia di pali accostati tipo "berlinese";

Tutti gli elementi sopra richiamati possono essere mitigati con le indicazioni riportate nel paragrafo conclusivo.

## 7.0 CARATTERI GEOLOGICI DEL SITO

Le opere in progetto insisteranno presumibilmente su terreni dotati di discrete caratteristiche tecniche, originati dalle deposizioni operate dal Torrente Scoltenna in interdigitazione marginalmente con depositi provenienti dalle valli laterali come per esempio quelli del Rio Carnale affluente destro del torrente. Per la definizione dei parametri tecnici dei terreni, in questa fase, non sono state eseguite prove tecniche in loco ma sono stati utilizzati dati di letteratura; risulta quindi di estrema importanza che si verifichi nel corso degli scavi, la corrispondenza di quanto descritto nella presente relazione con quanto emerso dalla stratigrafia dei terreni sbancati, soprattutto al fine di valutare l'eventuale presenza di livelli con caratteristiche tecniche scadenti.

Per garantire il sostegno dell'importante fronte di sbancamento da realizzarsi tra gli esistenti, canale di scarico e edificio servizi (sede di officina, locali tecnici e nuova cabina) della centrale idroelettrica, si consiglia la realizzazione di una paratia di pali accostati al fine di sostenere lo scavo per la posa delle nuove opere, non interferire con le strutture poste a tergo e garantire la sicurezza delle maestranze. In figura 10 si riporta una posizione indicativa della paratia di pali, la Direzione Lavori potrà valutare la profondità di immersione dei pali e l'eventuale geometria della paratia oppure valutare opere alternative per garantire la stabilità del fronte di scavo che si verrebbe a creare.



Figura 10. Planimetria con posizione indicativa di un'eventuale paratia di pali accostati (tratteggio magenta)

Per quanto riguarda le opere da eseguirsi lungo le sponde del fiume, in fase di scavo si dovranno rispettare tutte le operazioni di messa in sicurezza unite alle valutazioni e monitoraggio della stabilità dei fronti di scavo aperti.

Di seguito si riporta il modello geologico ipotizzato, utilizzando dati bibliografici relativi a depositi alluvionali.

### Depositi alluvionali

Si tratta di terreni granulometricamente variabili (GM – SM) la cui genesi è legata a fenomeni di dinamica fluviale (alternanza di fasi a normal deposizione e fenomeni di alluvionamento). In corrispondenza dell'alveo attuale sono presenti ciottoli e blocchi poligenici (B – GW – SW), perlopiù arrotondati ed eterometrici. I terreni più fini limoso – argillosi e sabbioso limosi (SM), caratteristica dei depositi alluvionali recenti e non degli attuali (che si presentano perlopiù con assenza di matrice fine) sono invece organizzati in geometria lenticolare:

- Angolo d'attrito  $\phi = 34^\circ - 40^\circ$ ;
- Coesione = 0;
- Peso di volume = 1800 – 1950 Kg/mc;
- Stato di addensamento = da sciolto (depositi attuali) a mediamente addensato (depositi recenti);
- Permeabilità = variabile: da media a elevata.

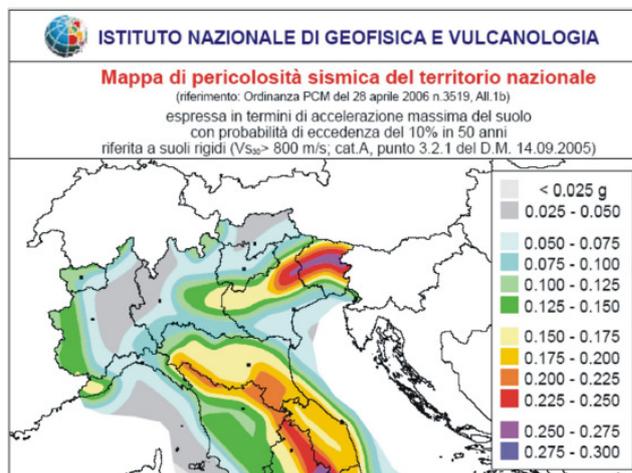
*Si ribadisce che il modello geologico ipotizzato è frutto di dati bibliografici ed in tal senso è assolutamente ipotetico e non tarato sulla situazione reale. Una caratterizzazione di maggior dettaglio dei parametri di resistenza dei terreni sarà possibile solo con prove in sito da definire, in accordo con il Progettista, nelle fasi successive.*

## 8.0 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 8.1 NORMATIVA SISMICA

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddiviseva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ( $C=(S-2)/100$ ). Lo spettro di progetto  $S_a(T)$  si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale  $R(T)$  indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione  $\epsilon$  che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare  $\epsilon$  fino a 1.3.

L’Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e le nuove Norme Tecniche, fanno riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l’Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l’EC8, come anche secondo l’OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento ( $a_g$ ). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa.



Il Comune di Montecreto ricade in zona sismica 3 a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g, pari a  $a_g = 0,15g$ .

Successivamente, l’Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. A tale ordinanza è allegata la Mappa dei valori di Pericolosità sismica del territorio nazionale nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Montecreto è compreso nell’area caratterizzata da valori dell’accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, All. 2, 3.1), compresi tra 0,175 e 0,200 g.

Il 2 maggio 2007 la R.E.R. ha approvato la Del. N. 112 nella quale sono riportati gli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”. La Tabella 2 dell’allegato 4 alla citata delibera riporta i valori di accelerazione massima al suolo, cioè per  $T=0$ , espressa in frazione dell’accelerazione di gravità g ( $a_g$ ), per ogni comune della Regione.

Per il Comune di Montecreto in tabella è riportato un valore di  $a_g = 0,178g$ .

Il 30/06/2009 è entrato in vigore il D.M. 14/01/2008 (G.U. n.30 del 4/02/2008) che approva le nuove norme tecniche per le costruzioni e di fatto sostituisce il precedente D.M. 14/09/2005. Il D.M. 14/01/2008 stabilisce che l’accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale, ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (NTC, TAB.1 allegato “B” del D.M.).

Il suolo viene ancora suddiviso in 5 classi principali (A,B,C,D,E) più due categorie aggiuntive S1 e S2.

## 8.2 CARATTERI SISMICI LOCALI

Per quanto riguarda la stima delle categoria di suolo relativamente all'area in studio si può fare riferimento a dati bibliografici di indagini sismiche Masw realizzate sulle sponde del Torrente Scoltenna, sempre nel Comune di Montecreto al confine con il comune di Lama Mocogno.

L'analisi delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite metodo MASW visibile nella tabella a lato, mostra gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, ed il valore di VS 30 ottenuto, velocità delle onde S nei primi 30 metri di profondità a partire dal p.c.. Il valore di Vs30 risulta pari a 532 m/sec.

Il valore della Vs30 (cfr. figura 11) appartiene alla categoria di suolo B, come riportato nella normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

“Categoria B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori di qualche decina di metri, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)”.

| Profondità da p.c. (m) | Spessore (m) | Velocità onde S (m/sec) |
|------------------------|--------------|-------------------------|
| 9.3                    | 9.3          | 458                     |
| 18.2                   | 8.9          | 441                     |
| 3.0.                   | 11.8         | 740                     |

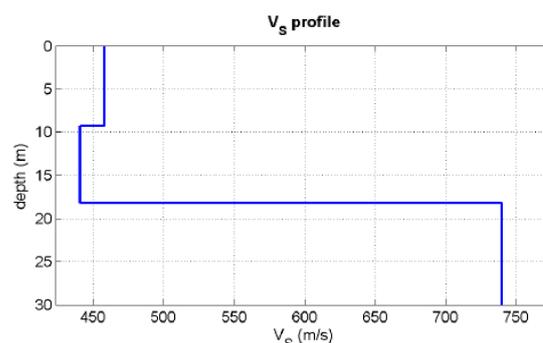


Figura 11. Tabella e grafico con sismostrati e velocità onde S

## 8.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Le NTC 2008 consentono di omettere la verifica a liquefazione a quando si manifestino alcune condizioni.

Nel caso in esame i terreni della verticale stratigrafica, ipotizzati nel paragrafo 6.0 sempre su base bibliografica, non rientrano nella categoria granulometrica dei terreni liquefacibili e quindi viene omessa la verifica a liquefazione dei terreni. Solo in seguito a eventuali indagini/prove geotecniche in sito nell'area di interesse, sarà possibile fornire indicazioni più precise circa la stratigrafia dei terreni che verranno interessati dalla posa delle nuove strutture e sul potenziale fenomeno di liquefazione.

## 9.0 FASE DI SINTESI

La presente relazione di fattibilità geologica è stata redatta a supporto del progetto di esecuzione di una nuova centrale mini-idro nel punto di scarico d'acqua della centrale idroelettrica denominata "Strettara" di proprietà di EnelGreenPower nel Comune di Montecreto (MO).

Il presente elaborato esamina le tavole progettuali del sistema idroelettrico proposto, fornite dalla società Eltech srl, all'interno del contesto geologico, geomorfologico e idraulico.

L'impianto in progetto è del tipo ad acqua fluente, per valorizzare il salto residuo di acqua già concessa del Torrente Scoltenna ai fini energetici, senza sottensione di alveo naturale; il progetto prevede l'utilizzo dell'acqua del canale di scarico esistente in sponda sinistra idrografica del Torrente Scoltella, senza incremento di portata derivata dal corpo idrico naturale. Le acque verranno restituite al torrente nello stesso punto di restituzione del canale di scarico esistente.

L'opera in progetto si configura come "Opera pubblica e di interesse pubblico", di grande valenza ambientale in quanto sarà in grado di produrre energia pulita da fonte rinnovabile nello spirito degli obiettivi del protocollo di Kyoto, riguardanti la riduzione delle emissioni responsabili dell'effetto serra.

*Dal punto di vista geologico il progetto è fattibile* rispettando le indicazioni di seguito riportate ed approfondendo alcuni elementi tecnici nelle fasi successive:

- ✓ le opere in progetto non costituiscono ostacolo alle potenziali correnti di piena del Torrente Scoltenna, in quanto non verranno alterate né le sponde né l'alveo del corso d'acqua, restituendo le acque della nuova centrale mini-idro nello stesso punto di restituzione del canale di scarico esistente. L'opera non risulta esposta ai rischi indotti dalle piene del torrente risultando protetta dalle attuali opere di protezione (briglia e scogliera) e dallo scarico esistente, con un basso rischio idraulico; nelle fasi successive si potrà comunque valutare la necessità della posa di eventuali panconi di sicurezza. In riferimento alle nuove strutture da realizzarsi a ridosso dell'alveo del torrente, si dovranno prevedere delle adeguate opere con la garanzia che non si possano determinare collassi o crolli di parti delle arginature; questi ultimi potrebbero determinare infatti l'insorgere di problematiche legate all'intralcio del deflusso delle acque del torrente e in casi di piena possibili rialzi del pelo libero di piena /o deviazioni dei deflussi, alterando l'attuale equilibrio idraulico dell'alveo;
- ✓ durante le attività di scavo a ridosso del corso d'acqua, dovranno essere approntati tutti gli accorgimenti tecnici volti a garantire l'incolumità delle maestranze al lavoro e la non interferenza con le strutture esistenti in sponda sinistra idrografica: gli scavi dovranno essere eseguiti a setti progressivi e/o armati con sostegni e coperti con teli impermeabili onde evitare fenomeni di arretramento dei fronti di scavo.  
A riguardo, prima di eseguire gli scavi di sbancamento per la realizzazione delle nuove opere sarà compito della Direzione Lavori valutare la necessità di realizzare una paratia di pali accostati, tra il canale di scarico esistente e le opere poste a monte, come descritto nel paragrafo 7.0, la cui geometria e lunghezza dovrà essere calcolata in modo da sostenere il significativo fronte di sbancamento.  
In sintesi la Direzione Lavori potrà anche valutare la necessità di opere aggiuntive (sottomurazioni, consolidamenti, ecc.) per evitare cedimenti e disconnessioni delle strutture esistenti e delle nuove opere;
- ✓ per la definizione dei parametri tecnici dei terreni non sono state eseguite prove tecniche in sito demandate alle successive fasi ma sono stati utilizzati dati di letteratura. Risulta quindi di estrema importanza che si verifichi durante la realizzazione delle opere, nel corso degli scavi, la corrispondenza di quanto descritto nella presente relazione con quanto emerso dalla stratigrafia dei terreni sbancati.  
Si raccomanda in fase di scavo quando sarà possibile un mezzo escavatore in cantiere, di verificare l'effettiva presenza dei terreni ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi. Le caratteristiche tecniche dei terreni, ricavate da dati bibliografici, sono riportati nel paragrafo 7.0;
- ✓ le acque richiamate in fase di scavo lungo l'alveo dovranno essere allontanate dall'area tramite adeguate pompe idrovore. Eventuali venute idriche che potrebbero fuoriuscire lungo i fronti di scavo dovranno essere captate e convogliate a valle evitandone il ruscellamento lungo il fronte;
- ✓ si dovranno inoltre garantire adeguati collegamenti strutturali tra la sponda esistente e le nuove strutture, in modo che non si determinino in caso di piena fenomeni di erosione, escavazione ed instabilità nell'intorno delle nuove opere;

- ✓ i terreni di riporto che andranno a chiudere gli scavi necessari per l'esecuzione delle nuove opere dovranno essere ben compattati ed essere costituiti da materiali dalla tipologia adeguata, onde evitare che le correnti di piena generino fenomeni di erosione nell'intorno delle nuove strutture (erosioni spondali al piede, ecc.) con lesione e disconnessione delle stesse;
- ✓ si dovrà curare il ripristino dei terreni scavati con operazioni di compattazione degli stessi con materiale di riporto appartenente alla classe A2-4 delle terre (Normativa AASHO o CNR UNI 10006) ed eliminazione di eventuali materiali dalla granulometria fine dal comportamento plastico;
- ✓ per quanto riguarda la mitigazione dei fenomeni di erosione superficiale, le scarpate così come i riporti di materiale in progetto andranno rifiniti con rinverdimento e piantumazione di specie autoctone che uniranno all'azione drenante propria comunque del manto superficiale erboso un'azione preventiva nei confronti dell'erosione superficiale.

Si dovrà inoltre predisporre un dettagliato piano di manutenzione delle opere con la finalità di garantire un adeguato presidio e controllo della funzionalità delle stesse nel tempo.

Sarà comunque compito della Direzione Lavori riscontrare l'esigenza di realizzare delle opere aggiuntive per garantire la sicurezza delle maestranze al lavoro, la stabilità delle nuove strutture nel tempo e la non interferenza con opere esistenti e proprietà confinanti.

Sarnico (BG), novembre 2017

Dott. Geol. Matteo Bizoli

