

# AUTORIZZAZIONE UNICA EX D. LGS. N. 387/2003



## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO EMILIA

Titolo elaborato:

### RELAZIONE GEOLOGICA

PA	GD	GD	EMISSIONE	GEN '24	0	1
REDATTO	CONTR.	APPROV.	DESCRIZIONE REVISIONE DOCUMENTO	DATA	REV	

#### PROPONENTE



**EMILIA PRIME S.R.L.**

VIA G. GARIBALDI N. 15  
74023 GROTTAGLIE (TA)

#### CONSULENZA



**GE.CO.D'OR S.R.L.**

VIA G. GARIBALDI N. 15  
74023 GROTTAGLIE (TA)

#### PROGETTISTA

ING. GAETANO D'ORONZIO  
VIA GOITO 14 – COLOBRARO (MT)

#### GEOLOGO

**DOTT. PIER LUIGI ANASPARRI**

VIA B. CROCE, 79  
63100 ASCOLI PICENO (AP)

Codice  
MCEG016

Formato  
A4

Scala  
/

Foglio  
1 di 78

## INDICE

1. PREMESSA	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. UBICAZIONE GEOGRAFICA	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	7
4.1 <i>Inquadramento geologico</i>	7
4.2 <i>Inquadramento geomorfologico</i>	11
4.3 <i>Inquadramento geologico-geomorfologico di dettaglio</i>	12
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	21
6. COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. VIGENTE	26
7. VINCOLO IDROGEOLOGICO	35
8. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE GENERALI	36
9. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE E PRIME INDICAZIONI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE	43
10. MODELLO SISMICO DELLA ZONA	46
10.1 <i>Sismicità storica dell'area</i>	48
10.2 <i>Sismicità recente dell'area</i>	51
10.3 <i>Determinazione delle categoria di suolo e topografica</i>	53
10.4 <i>Determinazione della pericolosità sismica di base</i>	54
10.5 <i>Trasposizione della Tavola 4 - Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali</i>	56
– Art.28	56
11. PIANO INDAGINI DA EFFETTUARE PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVO-ESECUTIVA DEGLI AEROGENERATORI E DELLE SOTTOSTAZIONI	63
12. DESCRIZIONE DELLE AREE DI SEDIME DEGLI AEROGENERATORI	64
13. OPERE ELETTRICHE	73
14. CONCLUSIONI	76

## 1. PREMESSA

Il sottoscritto **dott. Geol. Pier Luigi Anasparri**, titolare dello **Studio Tecnico di Geologia con sede in Viale B.Croce, 79 ad Ascoli Piceno (AP)** è stato incaricato dalla società di progettazione **Ge.Co.Dor s.r.l. di Grottaglie (TA)**, di effettuare uno **studio geologico-geomorfologico-idrogeologico per l’Autorizzazione Unica Ex D.Lgs n°387/2003 del Progetto Definitivo Parco Eolico Emilia su proposta della Emilia Prime s.r.l.**

L’impianto eolico presenta una potenza nominale totale in immissione pari a 79 MWp ed è costituito da 9 aerogeneratori di potenza nominale pari a 6.0 MWp, con altezza torre pari a 135 metri e rotore pari a 170 metri, e un sistema di accumulo energia elettrica (*BESS, Battery Energy Storage System*) di potenza pari a 25 Mwp.

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro mediante un sistema di cavidotti interrati da 36kV per il collegamento alla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 132/36 kV Castel San Pietro di futura realizzazione.

A tal fine è stato eseguito un rilevamento geologico di superficie, acquisiti dati di bibliografia e consultate le cartografie geologico-idrogeologiche presenti per l’area in oggetto.

Inoltre è stata effettuata **un’indagine geognostica e sismica per la caratterizzazione generale dell’area del parco**, mediante l’esecuzione di **prove penetrometriche dinamiche tipo “DPSH” e prove sismiche “MASW”**.

I dati tecnici sono stati elaborati secondo le **“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”** contenute nel **D.M. Del 14/01/2008, nell’aggiornamento con**

**Decreto 17 gennaio 2018 e nella Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP., attraverso la modellazione geologica e geotecnica.**

Fanno parte della presente relazione i seguenti elaborati interni

*All.1 – Risultati delle indagini geognostiche e sismiche*

Fanno parte della presente relazione i seguenti elaborati esterni:

*MCEG017 - Tavola.1 – Inquadramento cartografico*

*MCEG018 - Tavola.2 – Inquadramento geologico*

*MCEG019 - Tavola.3 – Stralci planimetrici con sovrapposizione del PAI vigente*

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **D.M. del 11/03/1988 e relative istruzioni**

*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione*

### **Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti - DECRETO 17 gennaio 2018**

*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).*

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Allegato al Voto n. 36 del 27/07/2007**

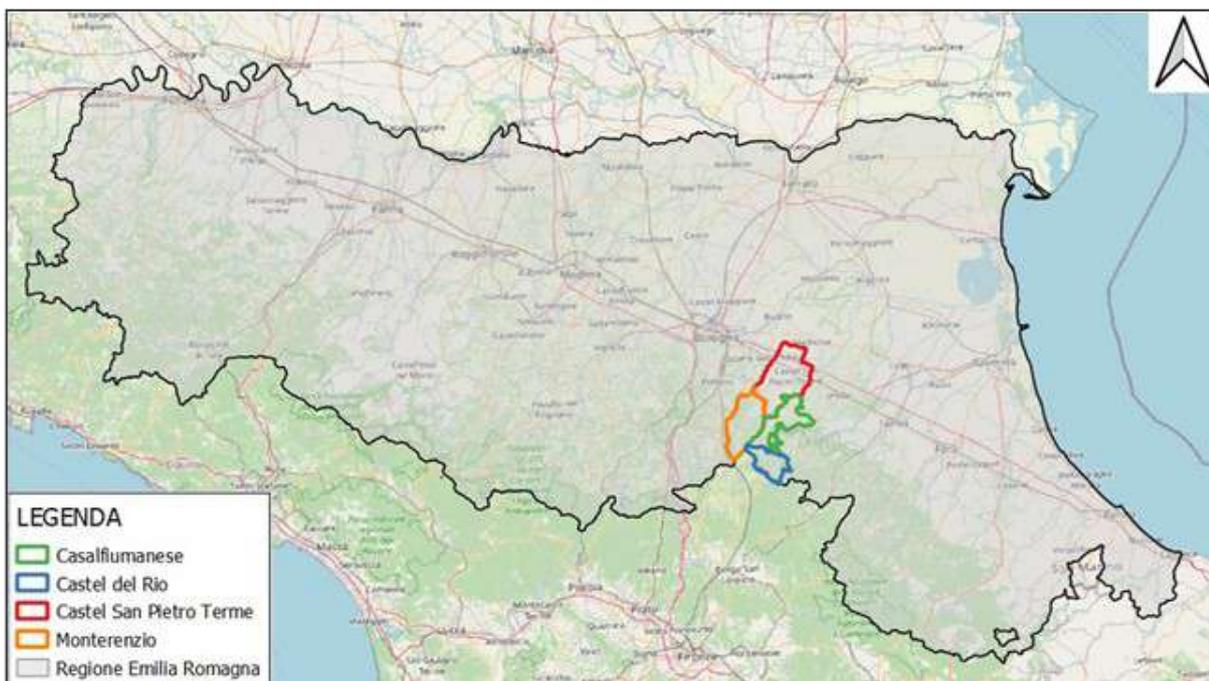
*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;*

**Autorità di Bacino Reno** - PSAI Reno, Idice-Savena, Sillaro e Santerno (art.1 c. 1 L. 3.08.98 n.267 e s.m.i.)

**Vincolo Idrogeologico** ai sensi del R.D.L. 3267/23, L.R. 21/04/1999 n°3 e Deliberazione di Giunta Regionale n.1117 del 11/7/2000.

### 3. UBICAZIONE GEOGRAFICA

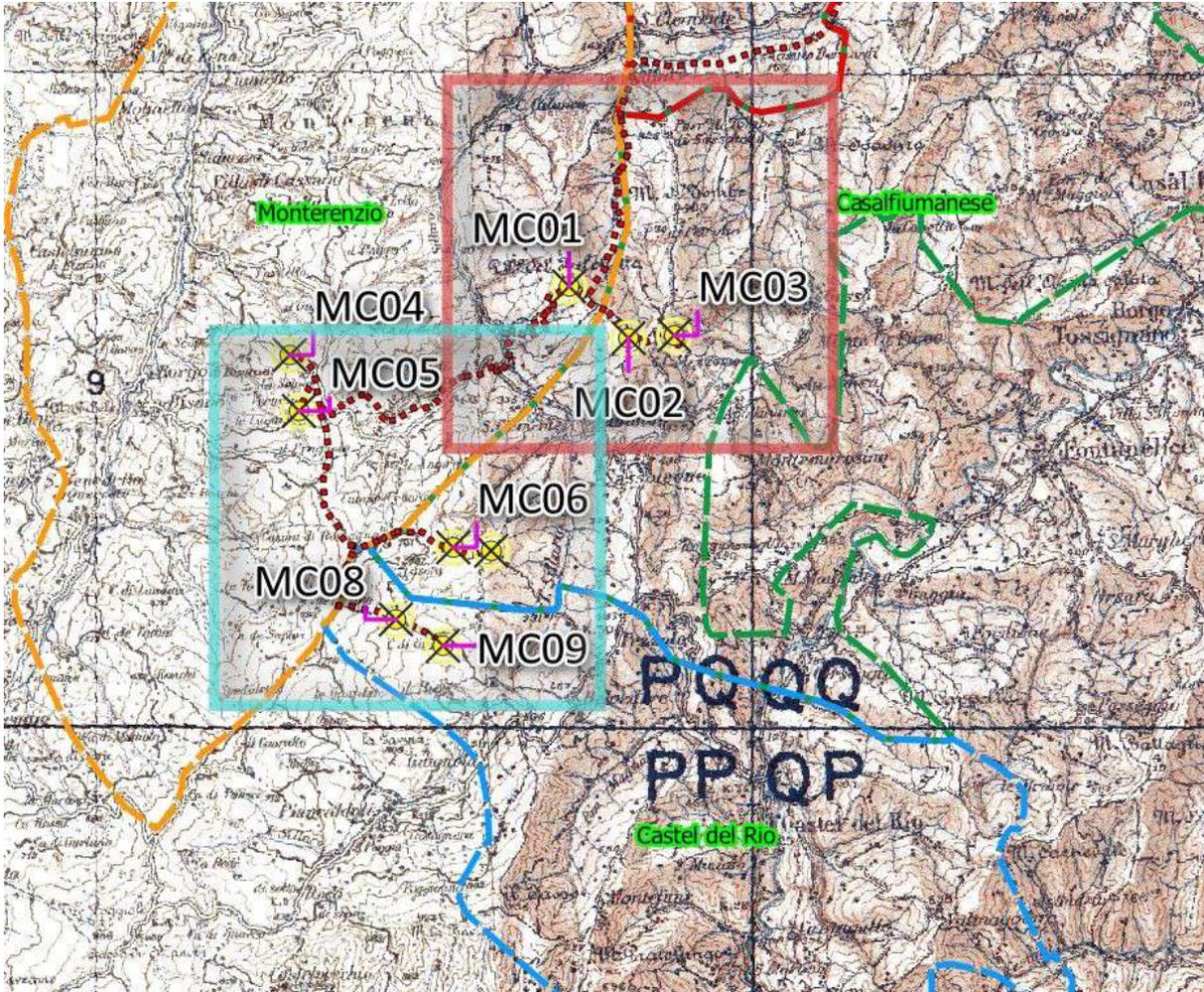
L'area del **nuovo parco eolico "Emilia"**, nel territorio dei Comuni di Monterenzio, Casalfiumanese e Castel Del Rio (Provincia di Bologna) con punto di connessione a 36 kV in corrispondenza della stazione elettrica RTN Terna 132/36 kV di Castel San Pietro di futura realizzazione. **(vedi Fig.1).**



*Fig.1 – Distribuzione degli aerogeneratori sui territori comunali*

Complessivamente, come detto, **saranno istallate n°9 turbine eoliche** e tutte le opere elettriche necessarie (es. cavidotti).

Geograficamente è possibile distinguere una **porzione Nord-Est** (aerogeneratori 1 ÷ 3) ed una **porzione Sud-Ovest** (aerogeneratori 4 ÷ 9) (*vedi Fig.2*).



*Fig.2 – Suddivisione in zone del parco eolico*

Gli aerogeneratori del **Parco Eolico Emilia**, saranno installati sui rilievi collinari posti in sinistra e destra orografica del Torrente Sillaro, a **quote comprese tra i 600,0 metri (MC\_08) e i 538,0 metri (MC\_01)**.

Cartograficamente, data la loro ubicazione, essi possono essere individuati in differenti quadranti sia per quanto riguarda le tavolette I.G.M in scala 1:25.000 (*vedi MCEG017 - Tavola.1*), sia per quanto riguarda la **Nuova Carta**

**Tecnica della Regione Emilia Romagna in scala 1:5.000 (vedi MCEG019 – Tavola.3).**

**Di seguito si riporta una tabella riepilogativa sull'ubicazione cartografica e con le rispettive coordinate WGS84 (vedi Tab.1):**

WTG	I.G.M.	CTR	Comune	Catasto		Coordinate	
				Fg	P.IIa	LAT	LONG
MC_01	Fontanelice 99 IV°NO	238100	Monterenzio	70	8	44°17'7.15"N	11°28'14.23"E
MC_02	Fontanelice 99 IV°NO	238100	Casalfiumanese	47	155	44°16'40.69"N	11°28'53.76"E
MC_03	Fontanelice 99 IV°NO	238100	Casalfiumanese	68	1	44°16'41.30"N	11°29'25.07"E
MC_04	Monterenzio 98 I°NE	238100	Monterenzio	79	14	44°16'37.27"N	11°25'1.86"E
MC_05	Monterenzio 98 I°NE	238100	Monterenzio	79	187	44°16'9.45"N	11°25'6.99"E
MC_06	Passo della Radicosa 98 I°SE	238100	Casalfiumanese	82	20	44°14'59.72"N	11°26'49.64"E
MC_07	Castel del Rio 99 IV°SO	238100	Casalfiumanese	85	7	44°14'57.51"N	11°27'15.52"E
MC_08	Passo della Radicosa 98 I°SE	238140	Castel del Rio	2	7	44°14'24.94"N	11°26'8.93"E
MC_09	Passo della Radicosa 98 I°SE	238140	Castel del Rio	3	36	44°14'11.27"N	11°26'40.61"E
SE RTN 132-36Kv	Castel S.P.Terme 88 III°SE	221162	Castel S.P. Terme	48	109 67 66	44°24'35.50"N	11°37'13.79"E
SE RTN 132-36Kv	Castel S.P.Terme 88 III°SE	221162	Castel S.P. Terme	58	365 6 7 359	44°24'35.50"N	11°37'13.79"E
BESS	Castel S.P.Terme 88 III°SE	221162	Castel S.P. Terme	62	231	44°24'27.30"N	11°36'58.74"E

*Tab.1 – Riepilogo cartografico degli elementi del parco eolico*

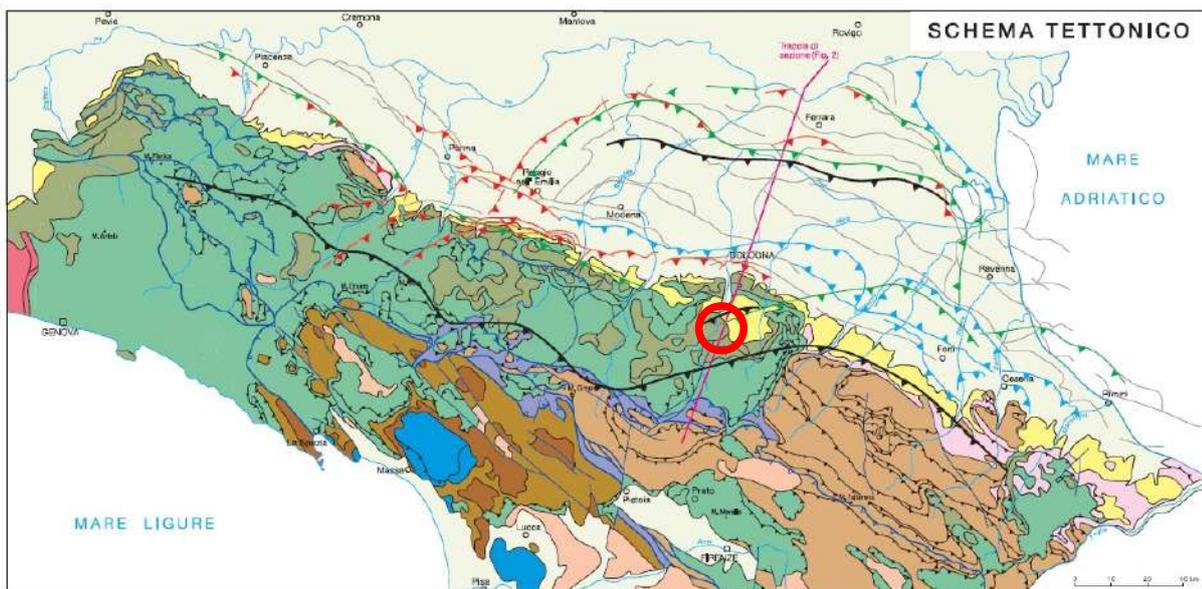
Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 36 kV con la futura Stazione Elettrica (SE) della RTN da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Castel S. Pietro – Imola CP" in accordo alla STMG (Soluzione Tecnica Minima Generale) CP 202102219.

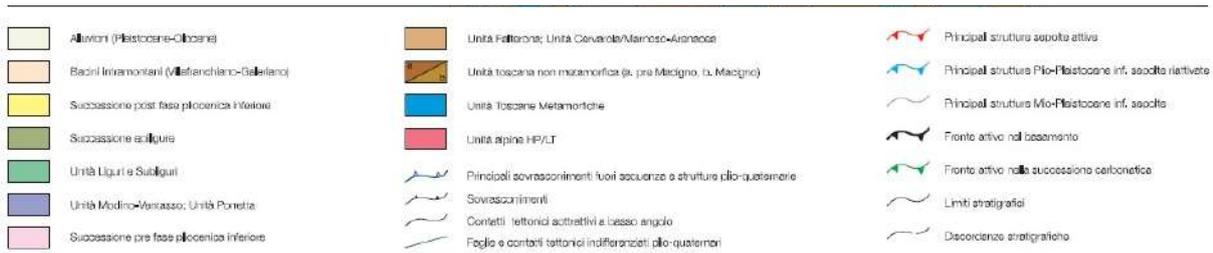
#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO**

##### ***4.1 Inquadramento geologico area del parco eolico***

La zona comprendente l'area dove verrà realizzato il **"Parco Eolico Emilia"**, appartiene geologicamente alla Catena Appenninica Settentrionale che è delimitata a Nord dalla Linea Sestri-Voltaggio e a Sud dalla Linea Ancona-Anzio: due grandi allineamenti tettonici trasversali con forte componente trascorrente.

***(vedi Fig.3)***





*Fig.3 – Sistema tettonico appennino emiliano*

L'Appennino è caratterizzato dalla sovrapposizione di enormi masse rocciose di notevole estensione areale (Falde o Unità tettoniche) con vergenza dominante verso NE, costituite da successioni sedimentarie depositatesi in domini paleogeografici diversi.

Nel Giurassico inferiore-medio, l'inizio dell'apertura dell'Atlantico centrale ha causato una deriva verso Est della placca africana rispetto a quella europea e fra le due si è generata una fascia a trascorrenza sinistra che ha individuato bacini estensionali a crosta oceanica, fra cui quello ligure-piemontese.

Mentre nelle zone più esterne si formavano i depositi del Dominio toscano su crosta continentale in assottigliamento con facies che si approfondivano progressivamente, nelle zone più esterne, ad Ovest, si creava un dominio oceanico con sedimenti pelagici che si depositavano su crosta oceanica (Dominio ligure) e su crosta continentale fortemente assottigliata (Dominio sub-ligure, Complesso di Canetolo).

Dal Cretaceo superiore, in concomitanza con l'apertura dell'Atlantico settentrionale, la placca africana ha mutato traiettoria da ESE a NNE, cioè ha iniziato a convergere verso la placca europea.

Questo regime compressivo ha provocato la chiusura dell'Oceano ligure-piemontese che è avvenuta completamente nell'Eocene medio-superiore con la collisione tra il margine continentale europeo e quello africano (adriatico).

Durante la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese, si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso Ovest delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento (Unità liguri).

Nell'Eocene medio-superiore segue, come evidenziato in precedenza, la collisione tra il margine continentale europeo (sardo-corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica, sviluppatasi essenzialmente a spese del margine continentale adriatico occidentale.

In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso Ovest delle Unità toscane, prima, e di quelle umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate.

Nell'Appennino tosco-emiliano quanto descritto ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità liguri dal loro substrato oceanico e al loro impilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne ed in basso le più esterne.

L'Unità del Sambro (Cretaceo-Eocene inferiore), che costituisce il bed-rock della quasi totalità dell'area in oggetto, sovrasta le restanti unità liguri, che a loro volta sono impilate sull'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene).

Successivamente, dopo la messa in posto della Falda toscana (Dominio toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità liguri si sono rimosse, per mettersi in posto prima sopra la Falda toscana, e poi sopra l'Unità Cervarola-Falterona già

sovrascorsa verso Est (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea (Dominio Umbro-romagnolo).

**Le unità tettoniche (o stratigrafico-strutturali) in affioramento nella zona del Parco Eolico Emilia sono principalmente quelle dell'Unità Ligure o Serie Ligure (vedi MCEG018 - Tavola.2), ed in particolare:**

**APA - Argille a palombini (Cretaceo inf. - Turoniano)** Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, fino a decametrici, spesso distinte in: brecce ofiolitiche (bo), basalti:  $\beta$ , basalti brecciati (Bb); gabbri: ga, serpentine: S. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri.

**AVT – Argille variegata di Grizzana Morandi (Cenomaniano Santoniano sup.)** Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere mangesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento

**AVS - Argille varicolori della Valsamoggia (Cretaceo inferiore e superiore)**, Argille e argilliti grigio-scure nerastre, rossastre e verdastre, intensamente tettonizzate.

Inoltre, vengono descritte **unità caotiche complesse, che appartengono alla successione epiligure e le Liguride, definite "olistromi"**.

**Alcuni aerogeneratori (MC3, MC6, MC7 e MC9), andranno ad interessare l'olistroma di Rio delle Pioppe (FRP), ovvero breccie argillose poligeniche**

**FRP – Olistroma di Rio delle Pioppe (Serravalliano)** Associazione di breccie argillose poligeniche e lembi monoformazionali eterometrici – Unità caotica sedimentata per colate di fango e detrito, con scivolamento gravitativo di lembi formazionali.

#### **4.2 Inquadramento geologico area BESS**

La zona comprendente l'area dove verrà realizzata il sistema di accumulo energia elettrica (*BESS, Battery Energy Storage System*) di potenza pari a 25 Mwp è ubicato nel territorio comunale di Castel San Pietro Terme e appartiene alla zona di fondovalle della Pianura Padana, caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali (alternanze di sabbie ghiaiose e sabbie limose) di spessore considerevole. L'area, per sua genesi risulta sub-pianeggiante ed in buone condizioni di stabilità.

#### **4.3 Inquadramento geomorfologico area del parco eolico**

L'area in oggetto, dove verrà realizzato il **Parco Eolico Emilia**, si trova nell'alta Valle del Torrente Sillaro, ad una quota compresa fra 400 ed i 600 m s.l.m; alcuni aerogeneratori saranno installati in destra del Sillaro (MC1 ÷ MC3), altri in sinistra idrografica (MC6 ÷ MC9) mentre gli aerogeneratori MC4 e MC5 appartengono al bacino del Torrente Idice.

Si tratta di una zona ad acclività generalmente modesta, confinata da versanti caratterizzati da un'energia di rilievo medio-elevata, che digrada in gran parte verso Nord-Ovest, afferendo principalmente al bacino idrografico del Torrente Sillaro.

L'analisi di superficie ha evidenziato come **il substrato risulti in diffuso affioramento con un assetto a monoclinale inclinata verso Ovest; lo spessore delle coltre colluviale risulta più esiguo in corrispondenza delle creste e via via più elevato lungo i versanti.**

La stabilità dell'area è legata pertanto, alla tipologia dei terreni in affioramento, all'acclività ed alle condizioni idrauliche; ***tali fattori possono generare aree instabili a pericolosità variabile.***

Nelle aree individuate per l'installazione degli aerogeneratori **non si riscontrano elementi o indicatori riconducibili a dissesti o deformazioni gravitative in atto o pregresse.**

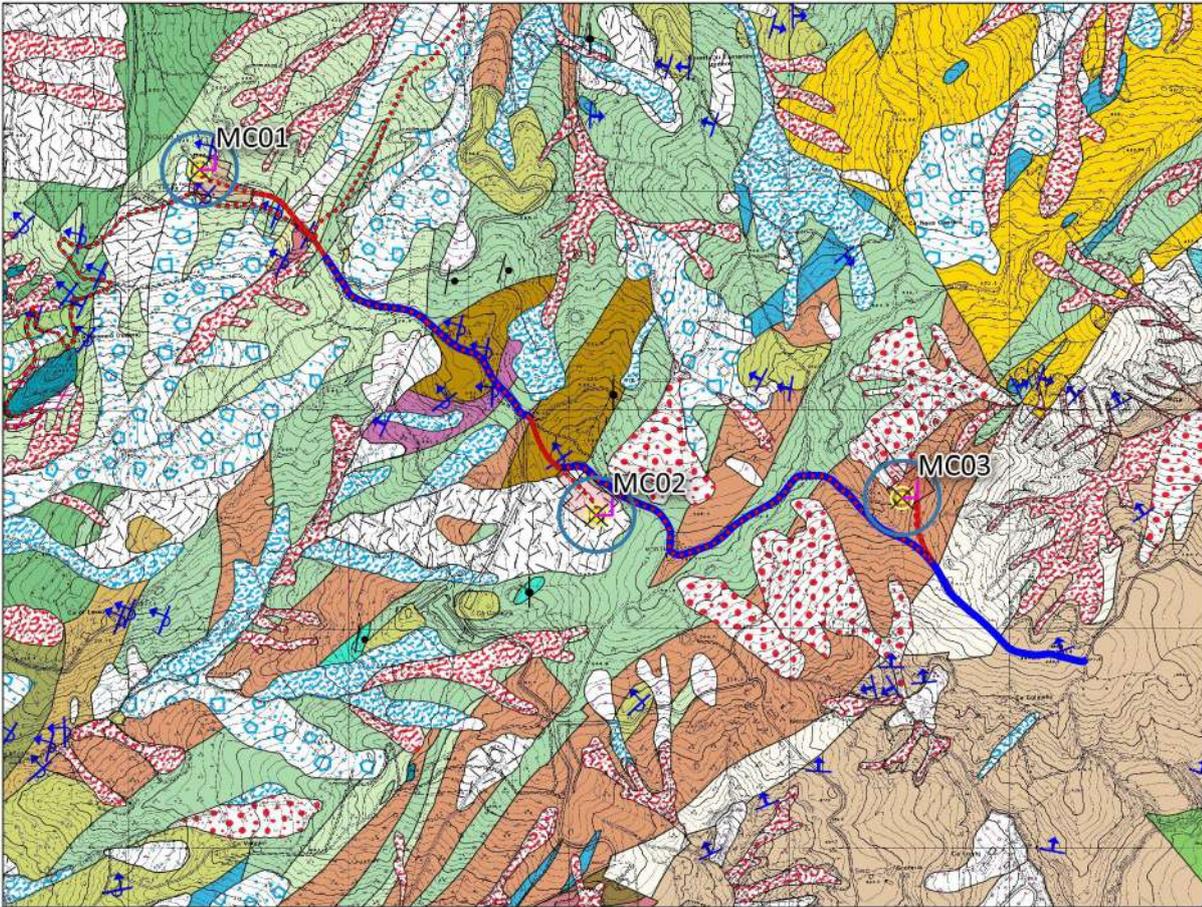
Complessivamente il rilevamento geomorfologico di superficie ha evidenziato per gran parte dell'area **discrete condizioni di equilibrio**, con aree caratterizzata da dissesti superficiali, presenti anche nelle cartografie ufficiali del PAI ma che non interessano direttamente gli aerogeneratori, ubicati principalmente in cresta, ma che in parte interessano i tracciati stradali e porzioni di piazzole di montaggio.

Per tale motivo, **sono state previste opere di consolidamento** (paratie, gabbionate, muri, regimazione idraulica, etc).

### **4.3 Inquadramento geologico-geomorfologico di dettaglio**

Di seguito vengono analizzate nel dettaglio le singole aree degli aerogeneratori, su base geologica CARG in scala 1:10.000 dell'Emilia Romagna.

### **Aerogeneratori MC01, MC02 e MC03**



*Fig.4 – Stralcio carta geologica in scala 1:10.000 delle Emilia Romagna*

**L'aerogeneratore MC01**, ubicato alla quota di 512,0 metri s.l.m., in località Poggio del Falchetto in corrispondenza di un crinale con andamento Nord-Ovest Sud-Est.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille variegatae (AVT)**, ovvero argille scagliose varicolori, intensamente tettonizzate, con giacitura rovesciata immergente verso Ovest-Nord-Ovest con inclinazione degli strati di circa 60°.

Una modesta porzione della piazzola di montaggio (che sarà poi ridotta nelle dimensioni quanto l'impianto entrerà in esercizio) ricade all'interno di un'area classificata come "deposito di frana quiescente complesso).

**L'aerogeneratore MC02**, ubicato alla quota di 548,0 metri s.l.m., in località Mezzomonte in corrispondenza di un crinale con andamento Nord-Ovest Sud-Est.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille varicolori della Valsamoggia (AVS)**, ovvero argille e argilliti grigio-scure nerastre, rossastre e verdastre, intensamente tettonizzate, con giacitura rovesciata immergente verso Ovest-Nord-Ovest con inclinazione degli strati di circa 50°.

L'area di sedime dell'aerogeneratore ricade all'interno di un'area caratterizzata dalla presenza di deposito di versante, di spessore variabile.

**L'aerogeneratore MC03**, ubicato alla quota di 535,0 metri s.l.m., in località Mezzomonte in corrispondenza di un versante esposta a Sud-Est con pendenza media di circa 12°.

Esso andrà ad interessare la formazione dell'**Olistroma di Rio delle Pioppe (FRP)**, ovvero argille a struttura caotica con brecce, con giacitura immergente verso Nord-Ovest con inclinazione degli strati di circa 60°.

Una porzione della piazzola di montaggio (che sarà poi ridotta nelle dimensioni quanto l'impianto entrerà in esercizio) ricade all'interno di un'area classificata come "deposito di frana attiva complesso).

### **Aerogeneratori MC04 e MC05**

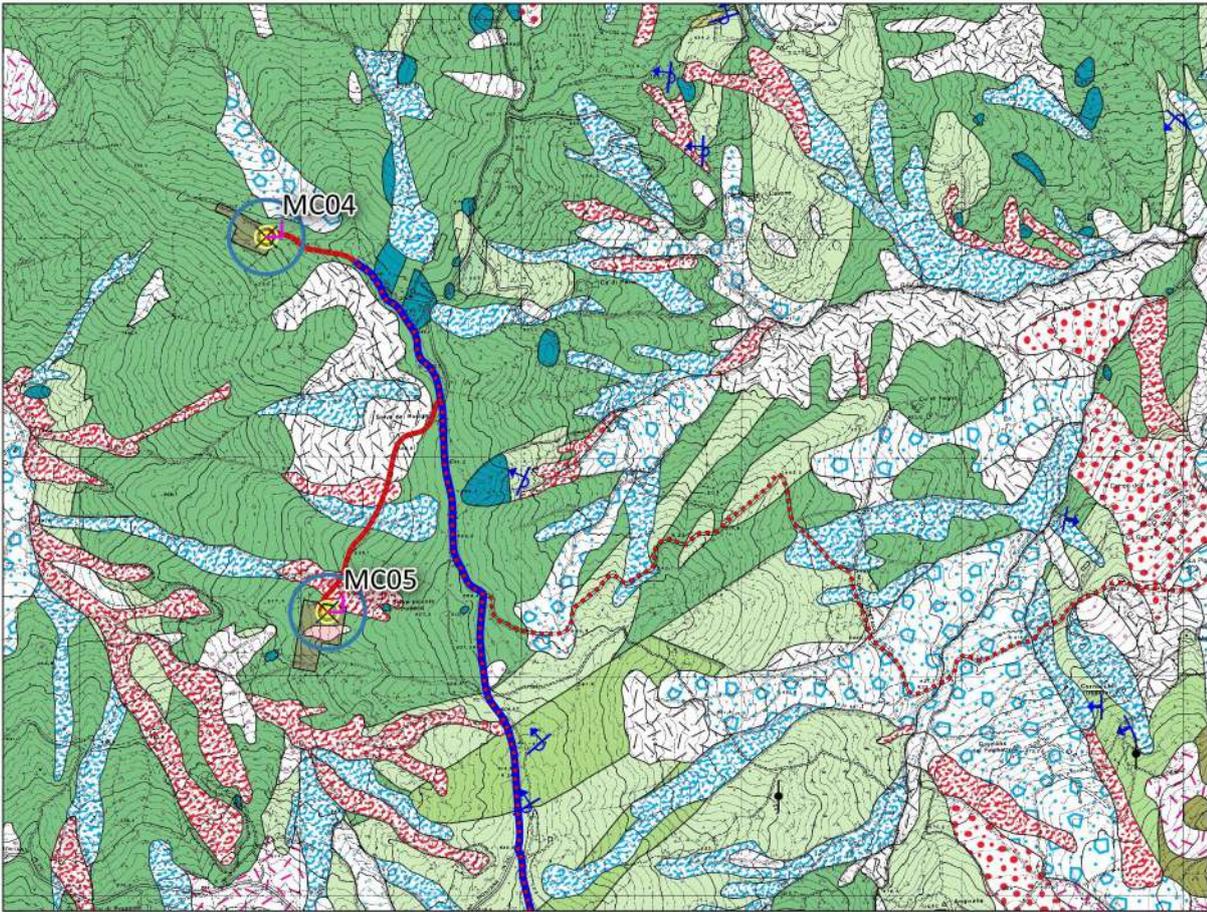


Fig.5 – Stralcio carta geologica in scala 1:10.000 delle Emilia Romagna

**L'aerogeneratore MC04**, ubicato alla quota di 556,5 metri s.l.m., in località La Selve in corrispondenza di un versante esposto ad Ovest, con pendenza di media di 12°.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille a palombini (APA)**, ovvero argille e argilliti di colore grigio-scuro, con intercalazioni di calciluititi grigie e bianche, con giacitura prevalente verso Ovest con inclinazioni superiori ai 60°.

Sull'area la formazione di base risulta in affioramento e non si riscontrano segni di dissesto in atto o quiescenti.

**L'aerogeneratore MC05**, ubicato alla quota di 555,5 metri s.l.m., in località La Selva in corrispondenza di un versante esposto ad Ovest, con pendenza di media di 10°.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille a palombini (APA)**, ovvero argille e argilliti di colore grigio-scuro, con intercalazioni di calciluiti grigie e bianche, con giacitura prevalente verso Ovest con inclinazioni superiori ai 60°.

Sull'area la formazione di base risulta in affioramento; un piccolo dissesto risulta inglobato all'interno della piazzola di montaggio.

Dai sopralluoghi effettuati, lo spessore della coltre risulta piuttosto esiguo e pertanto, con i movimenti terra per la sistemazione dell'area di sedime, la zona verrà stabilizzata.

### **Aerogeneratori MC06 e MC07**

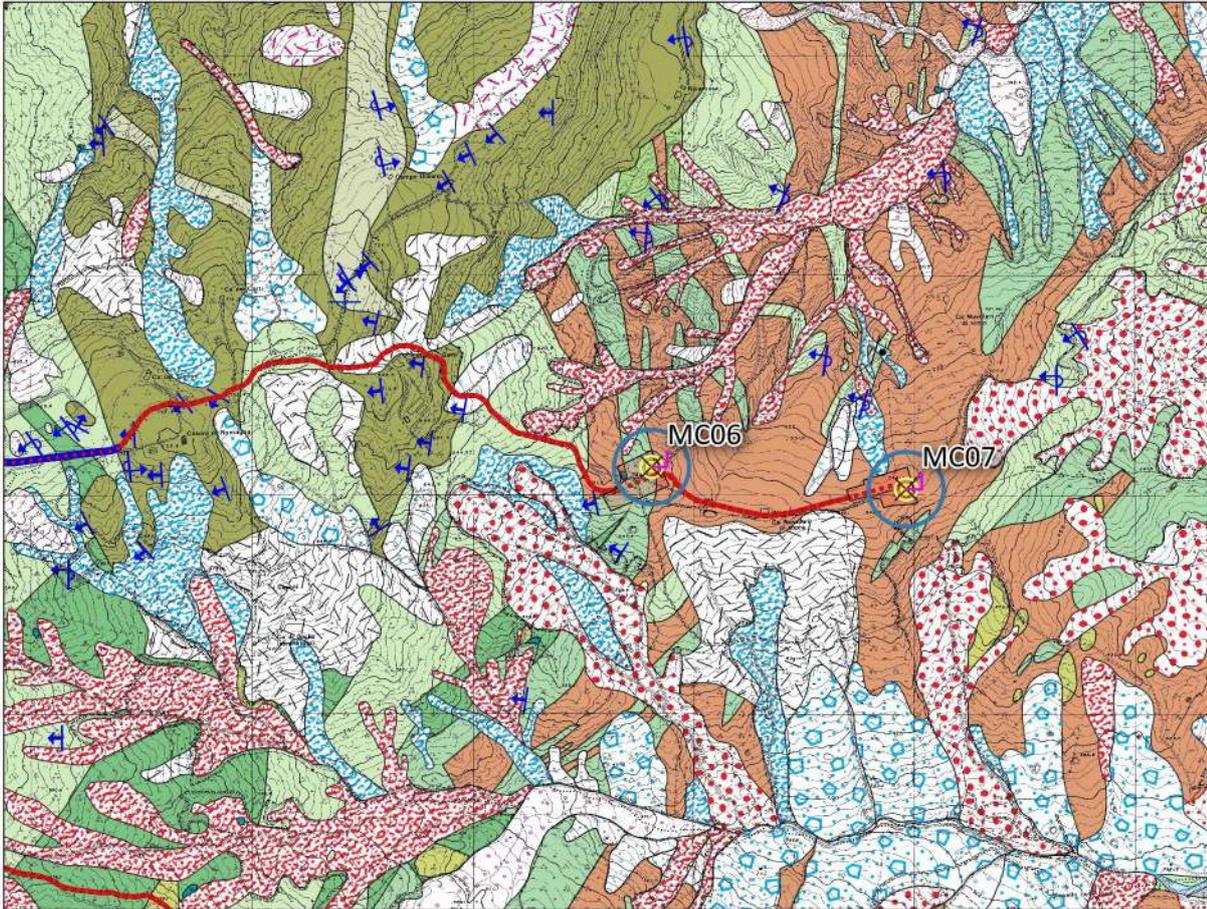


Fig.6 – Stralcio carta geologica in scala 1:10.000 delle Emilia Romagna

L'aerogeneratore **MC06**, ubicato alla quota di 584,0 metri s.l.m., in località Casoni di Romagna, immediatamente a Nord-Est di un crinale con andamento Nord-Ovest Sud-Est.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille varicolori della Valsamoggia (AVS)**, ovvero argille e argilliti grigio-scure nerastre, rossastre e verdastre, intensamente tettonizzate, con giacitura rovesciata immergente verso Nord-Ovest con inclinazione degli strati di circa 10°.

L'area di sedime dell'aerogeneratore ricade all'interno di un'area stabile; tuttavia nell'intorno dell'area di installazione, sono presenti numerosi dissesti

cartografati, per più considerati come “attivi” che interessano principalmente i terreno di copertura ed in sub-ordine la formazione geologica di base, soprattutto in corrispondenza degli impluvi.

**L’aerogeneratore MC07**, ubicato alla quota di 540,0 metri s.l.m., in località Casoni di Romagna in corrispondenza di crinale con andamento Est-Ovest.

Esso andrà ad interessare la formazione dell’**Olistroma di Rio delle Pioppe (FRP)**, ovvero argille a struttura caotica con brecce, con giacitura immergente verso Ovest con inclinazione degli strati di circa 30°.

Una piccola porzione della piazzola di montaggio (che sarà poi ridotta nelle dimensioni quanto l’impianto entrerà in esercizio) ricade all’interno di un’area classificata come “deposito di frana per colamento quiescente”.

### **Aerogeneratori MC08 e MC09**

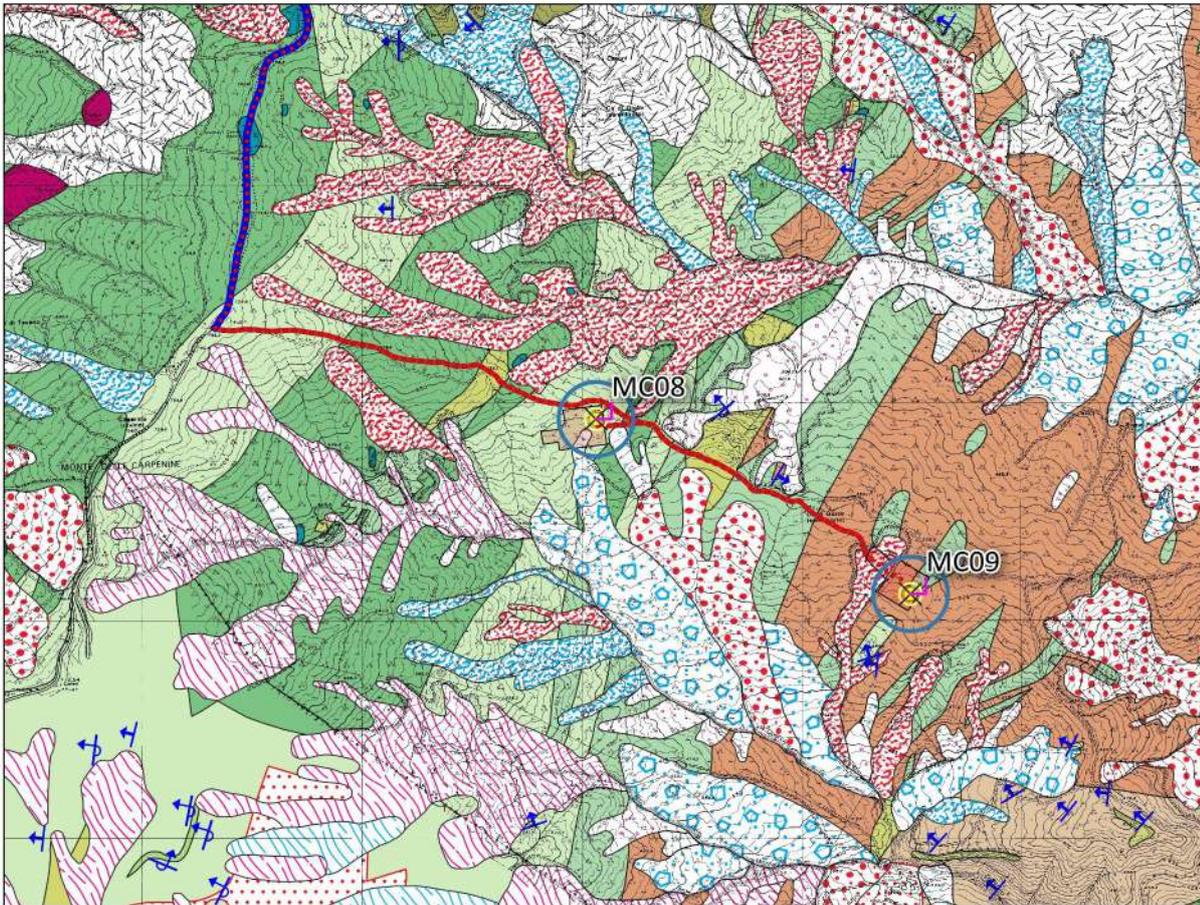


Fig.8 – Stralcio carta geologica in scala 1:10.000 delle Emilia Romagna

**L'aerogeneratore MC08**, è ubicato alla quota di 600,0 metri s.l.m., in località Case di Guzzo, in corrispondenza di un crinale con andamento Nord-Ovest Sud-Est.

Esso andrà ad interessare la formazione delle **Argille variegata (AVT)**, ovvero argille scagliose varicolori, intensamente tettonizzate, con giacitura rovesciata immergente verso Ovest-Nord-Ovest con inclinazione degli strati di circa 60°.

Sull'area la formazione di base risulta in affioramento; una piccola porzione della piazzola di montaggio (che sarà poi ridotta nelle dimensioni quanto l'impianto entrerà in esercizio) ricade all'interno di un'area classificata come "deposito di frana per colamento quiescente".

**L'aerogeneratore MC09**, ubicato alla quota di 513,0 metri s.l.m., in località Casoni di Romagna, su un versante esposto a Sud-Ovest, avente una pendenza di circa 10°-12°.

Esso andrà ad interessare la formazione dell'**Olistroma di Rio delle Pioppe (FRP)**, ovvero argille a struttura caotica con brecce, con giacitura prevalente verso Nord-Est.

Tale formazione risulta diffusamente in affioramento nell'area, con presenza di depositi più o meno stabili che si sono accumulati all'interno degli impluvi.

Una modesta porzione della piazzola di montaggio (che sarà poi ridotta nelle dimensioni quanto l'impianto entrerà in esercizio) ricade all'interno di un'area classificata come "deposito di frana attiva per colamento".

## 5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nell'area del **Parco Eolico "Emilia"**, le formazioni affioranti sono principalmente di natura argillosa e sono classificate come acquiclude, ovvero formazioni geologiche a bassa permeabilità e scarsa fratturazione; mentre l'Olistroma di Rio delle Pioppe (Associazione di breccie argillose poligeniche) appartiene principalmente ai Complessi pelitico-arenacei, che tuttavia, data l'orografia delle zona non risultano sede di falde freatiche significative.

I terreni colluviali a matrice prevalentemente argillosa che ricoprono diffusamente e con spessori variabili le formazioni geologiche dominanti, risultano avere una **"bassa permeabilità"** e al loro interno risulta poco sviluppata la circolazione idrica profonda; eventuali circolazioni idrica sotterranea può essere localizzata al contatto tra litotipi più sabbiosi e quelli più argillosi, oppure alla base di orizzonti caotico-conglomeratici.

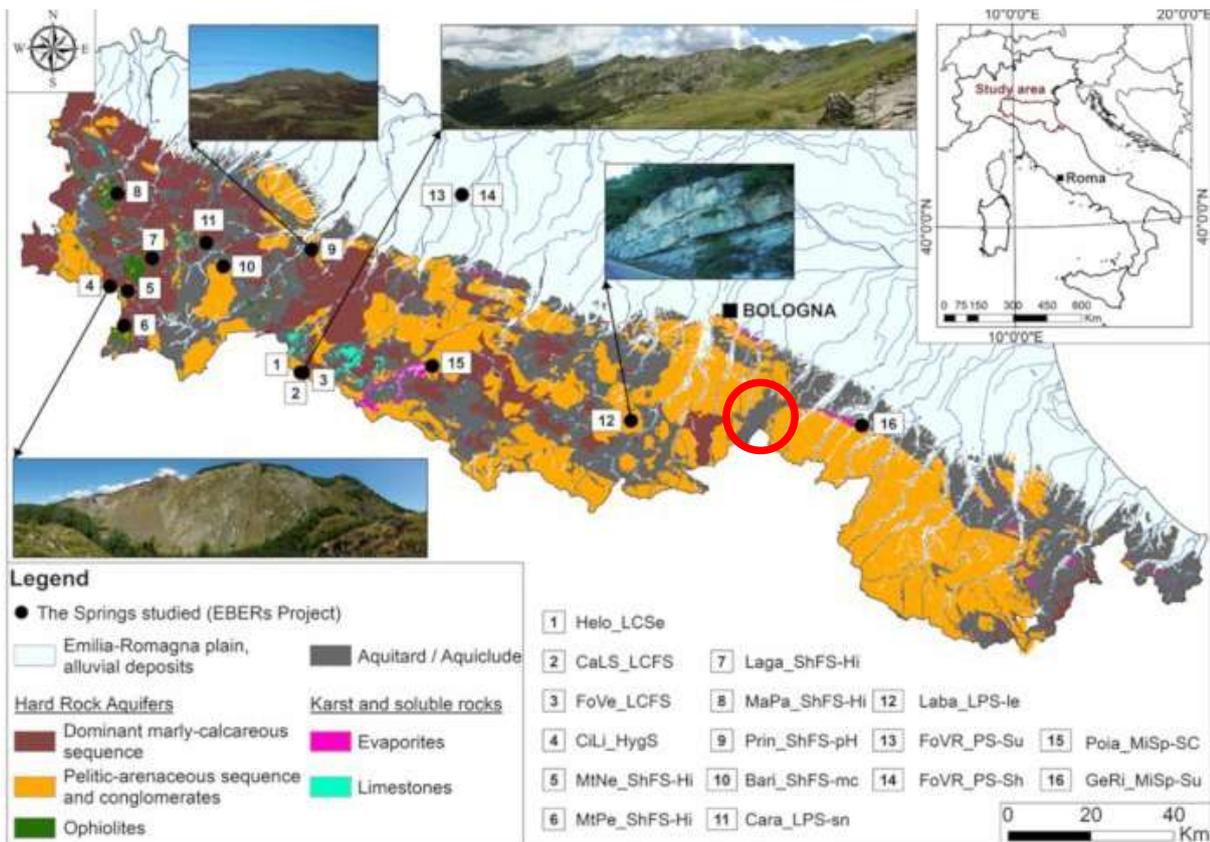
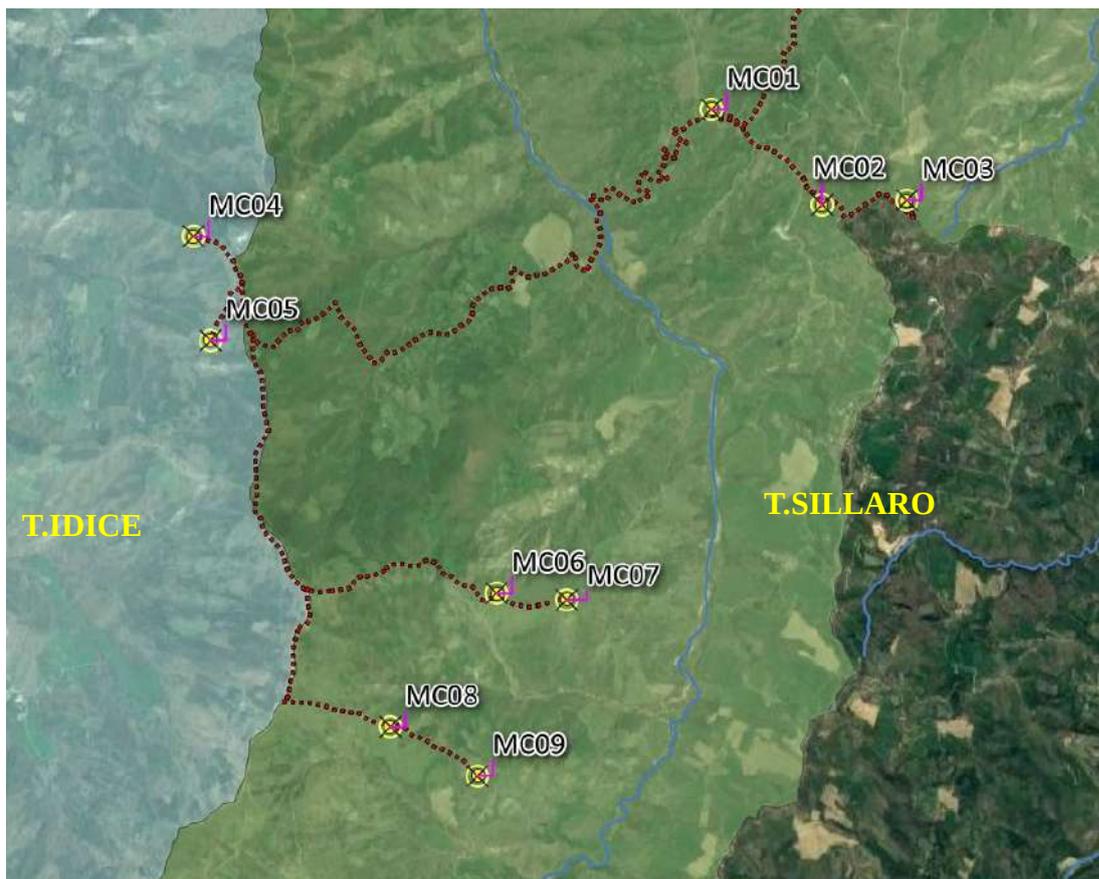


Fig.9: Carta con individuazione degli acquiferi principali dell'Emilia Romagna. Nel cerchio rosso l'area in oggetto

Durante l'esecuzione delle indagini geognostiche effettuate, **non è stata intercettata la falda freatica fino alla profondità indagata.**

L'idrografia superficiale è regolata dal Torrente Sillaro, tributario in destra idrografica del Fiume Reno, che rappresenta la principale via di drenaggio e che sfocia direttamente nel Mare Adriatico.

Come già detto in precedenza, tranne gli aerogeneratori MC\_04 e MC\_05 (bacino torrente Idice) **gli aerogeneratori sono ubicati nel bacino idrografico del Torrente Sillaro (vedi Fig.10).**



*Fig.10: Ubicazione degli impianti eolici in riferimento al reticolo idrografico principale*

Si è poi consultata la **mappa interattiva messa a disposizione dalla Regione Emilia Romagna sulle “Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi nell’Appennino emiliano-romagnolo”**.

Intorno all’impianto eolico è stato definito un buffer di 3,0 km; è possibile osservare che sono presenti alcuni pozzi, sorgenti o fontanili a quote nettamente inferiori a quelle dove verrà realizzato l’impianto.

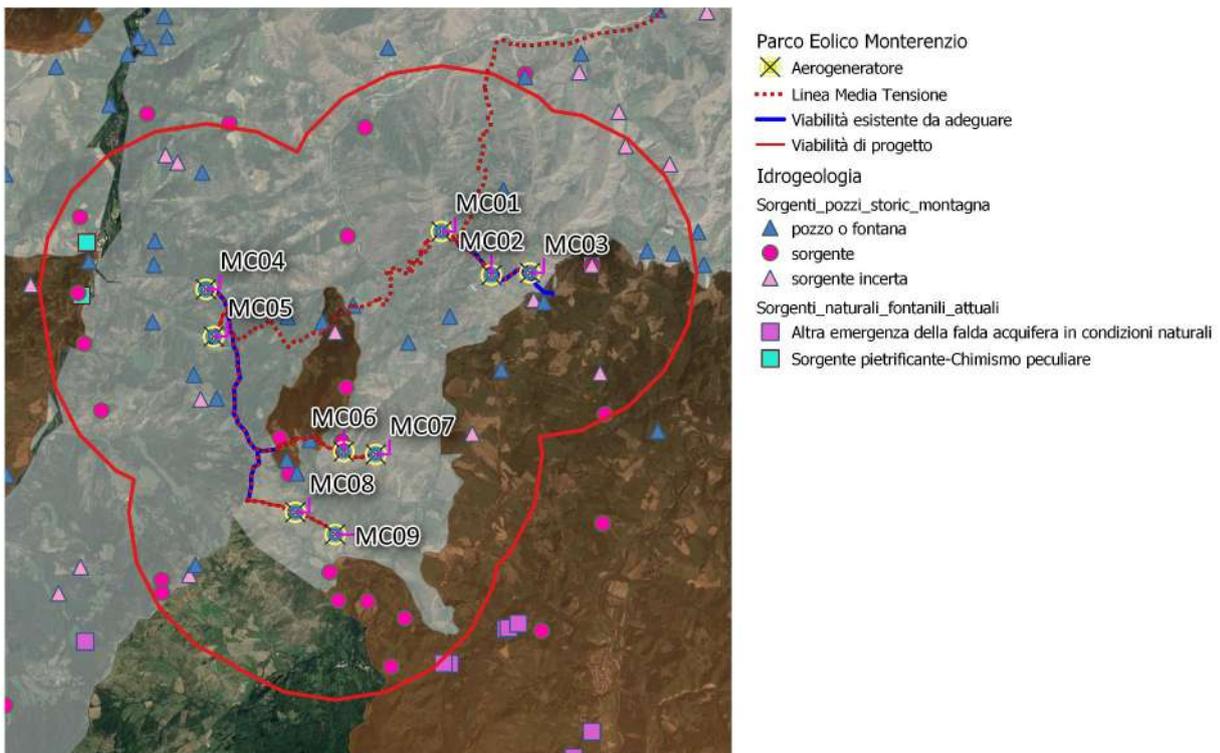


Fig.11: Ubicazione Sorgenti e unità geologiche sede di acquiferi nell'Appennino emiliano-romagnolo rispetto all'impianto, in un buffer di 3,0 km

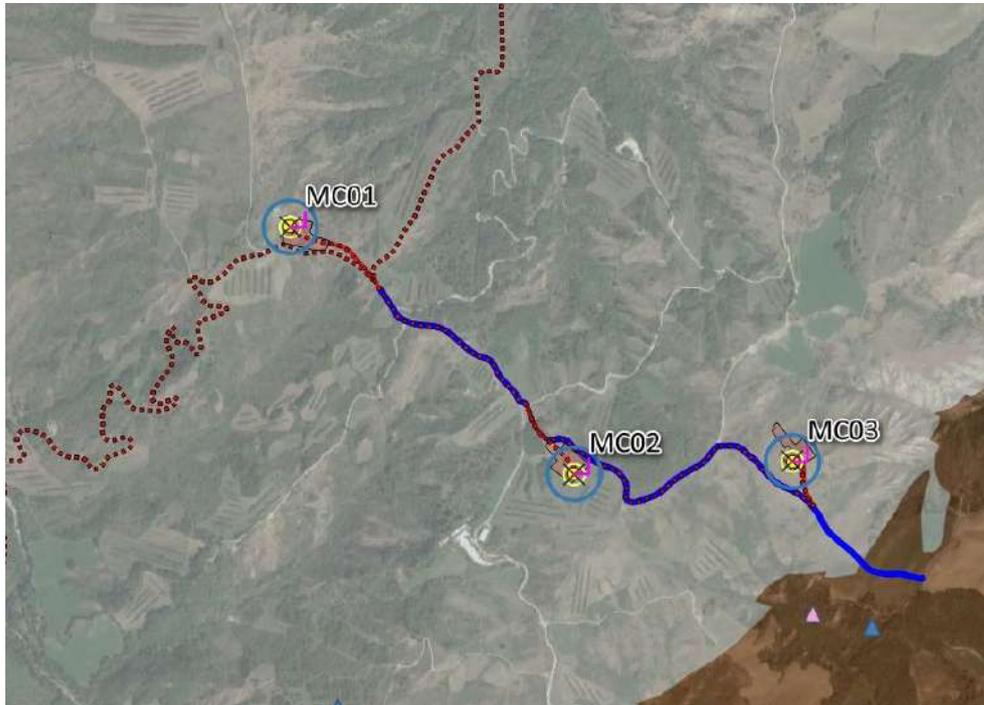
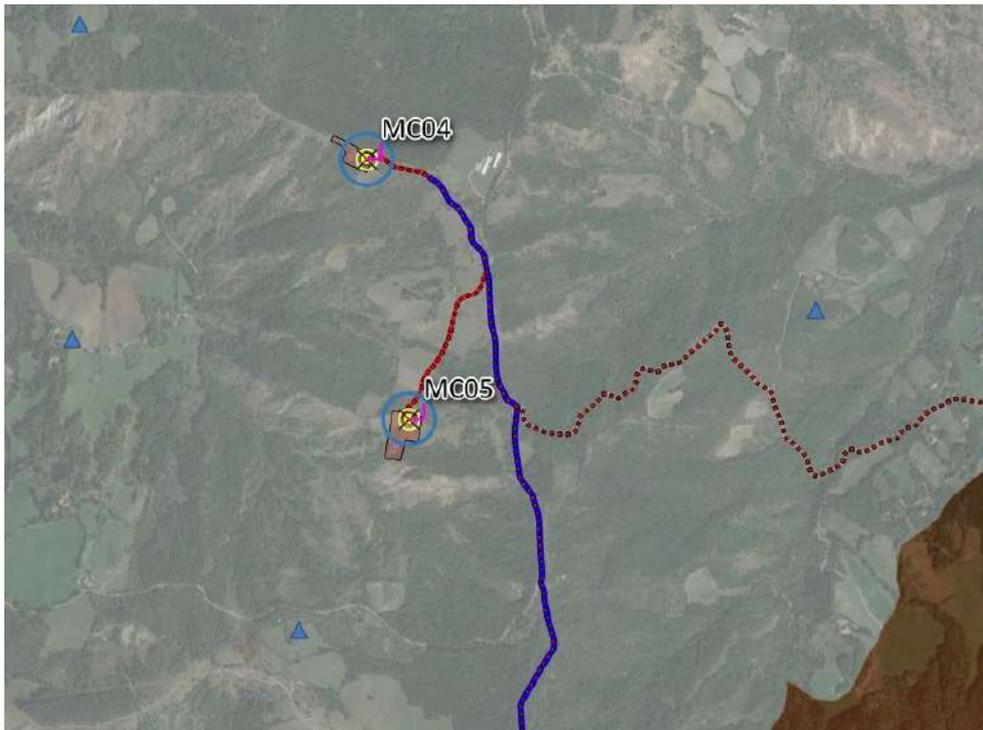
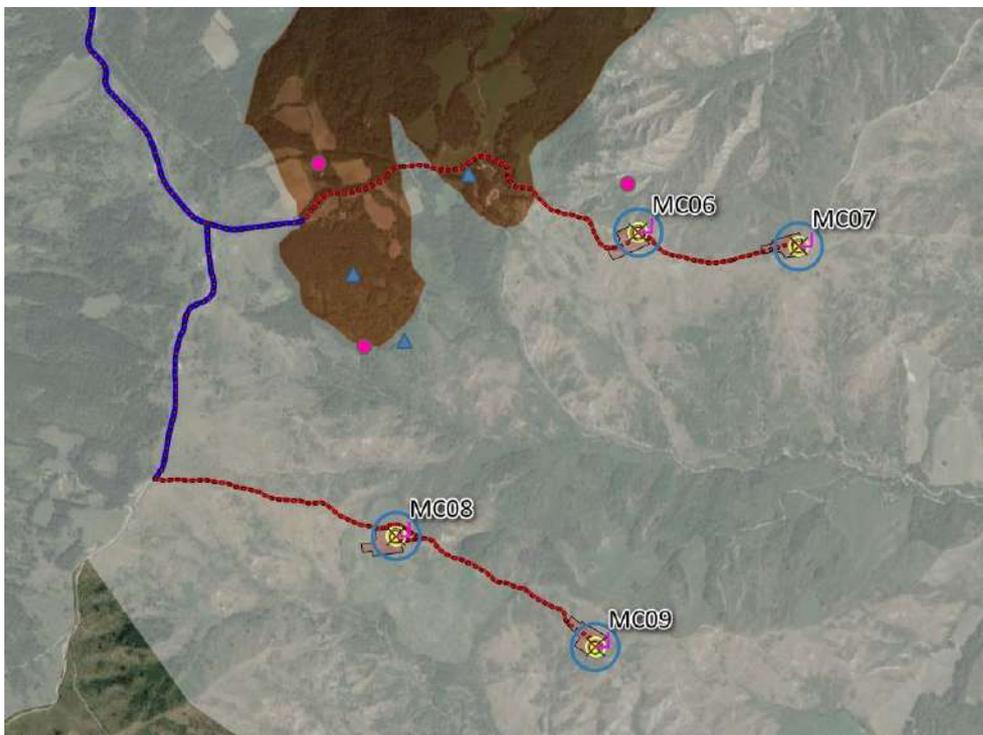


Fig.11.1: Dettaglio foto 7 - Area MC01, MC02 e MC03



*Fig.11.2: Dettaglio foto 7 - Area MC04 e MC05*



*Fig.11.3: Dettaglio foto 7 - Area MC06, MC07, MC08 e MC09*

## 6. COMPATIBILITÀ CON IL P.A.I. VIGENTE

Nel territorio del **bacino idrografico del Fiume Reno** il PAI (Piano Assetto Idrogeologico) è sviluppato in stralci per sottobacino.

Il “**parco eolico Emilia**”, interessa principalmente il **bacino idrografico del Torrente Sillaro ed in parte il terreno Idice-Savena vivo (vedi Fig.12)**, consultabile al seguente sito <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacino-reno/psai>.



*Fig.12: Bacino idrografico del Fiume Reno e sottobacini*

Il Piano di Bacino individua le aree a rischio esondazione e quelle a rischio frana presenti all'interno dell'area di competenza dell'Autorità stessa.

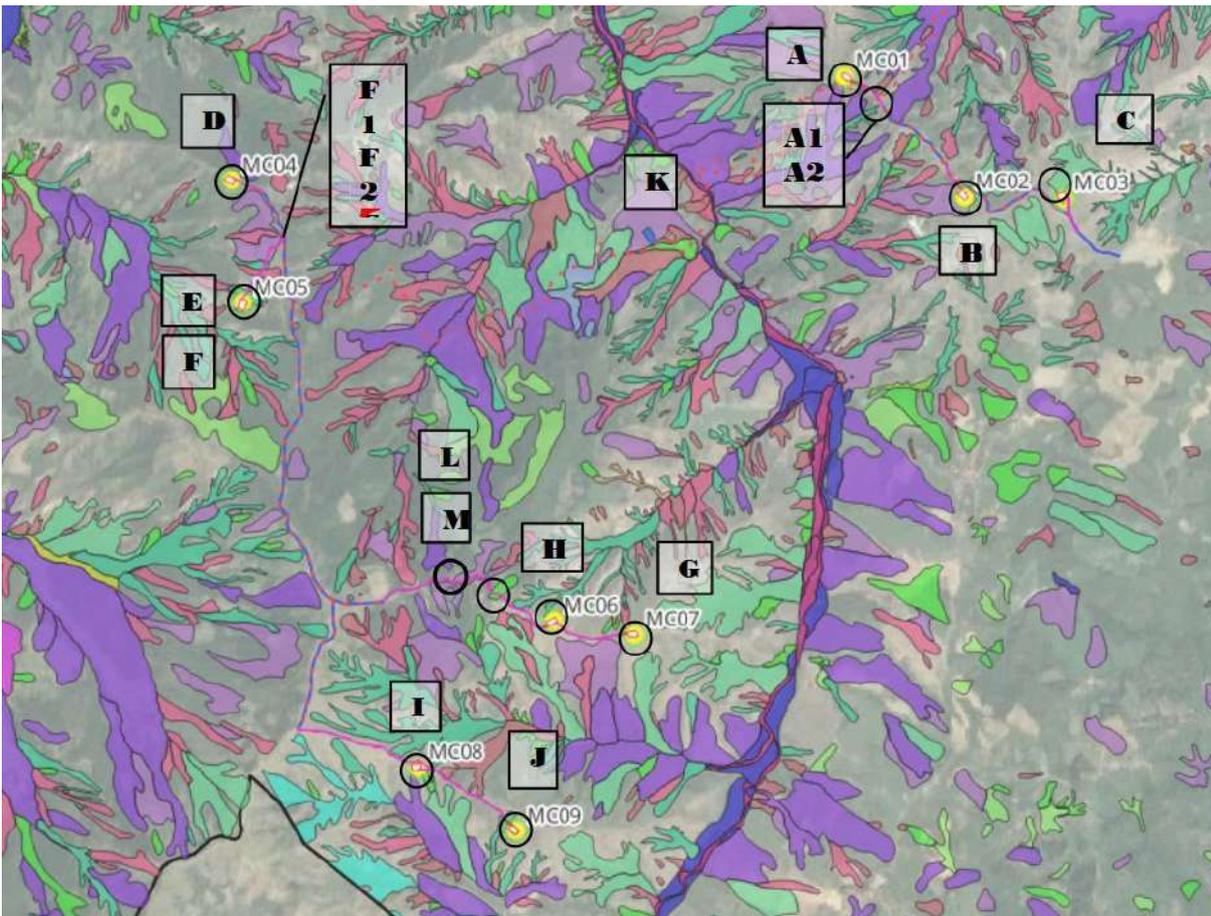
Dall'analisi della documentazione cartografica risulta che, date le caratteristiche litologiche dei terreni e l'orografia collinare nell'area del “**Parco**

**eolico Emilia”, sono presenti diverse aree a rischio idrogeologico e precisamente a rischio frana, con livello di rischio differente.**

In particolare gli aerogeneratori MC01, MC04, MC06, MC07 e MC08 sono ubicati su substrato sub-affiorante ma prossimi a dissesti, l'aerogeneratore MC02 ricade su deposito di versante, mentre gli aerogeneratori MC03, MC05 e MC09 ricadono in parte (piazzole di montaggio) su frana attiva.

Nello specifico, si sono rilevati:

- *Per le piazzole MC03 (C), MC05 (E) e MC09 (J): Aree di frane attive*
- *Per le piazzole MC01 (A), MC07 (G), MC08 (I): Aree di frane quiescenti*
- *Inoltre, per le piazzole MC01, MC04, MC06, MC07, MC08: da carta geologica 1:10000 sono ubicati su substrato sub-affiorante ma prossimi a dissesti*
- *Per la strada di accesso alla piazzola MC01 (A1, A2): aree di frana attiva e quiescente*
- *Per la strada di accesso alla piazzola MC05 (F1, F2, F3): aree di frana attiva e quiescente, deposito di versante*
- *Per l'area di cantiere (K): deposito di versante*

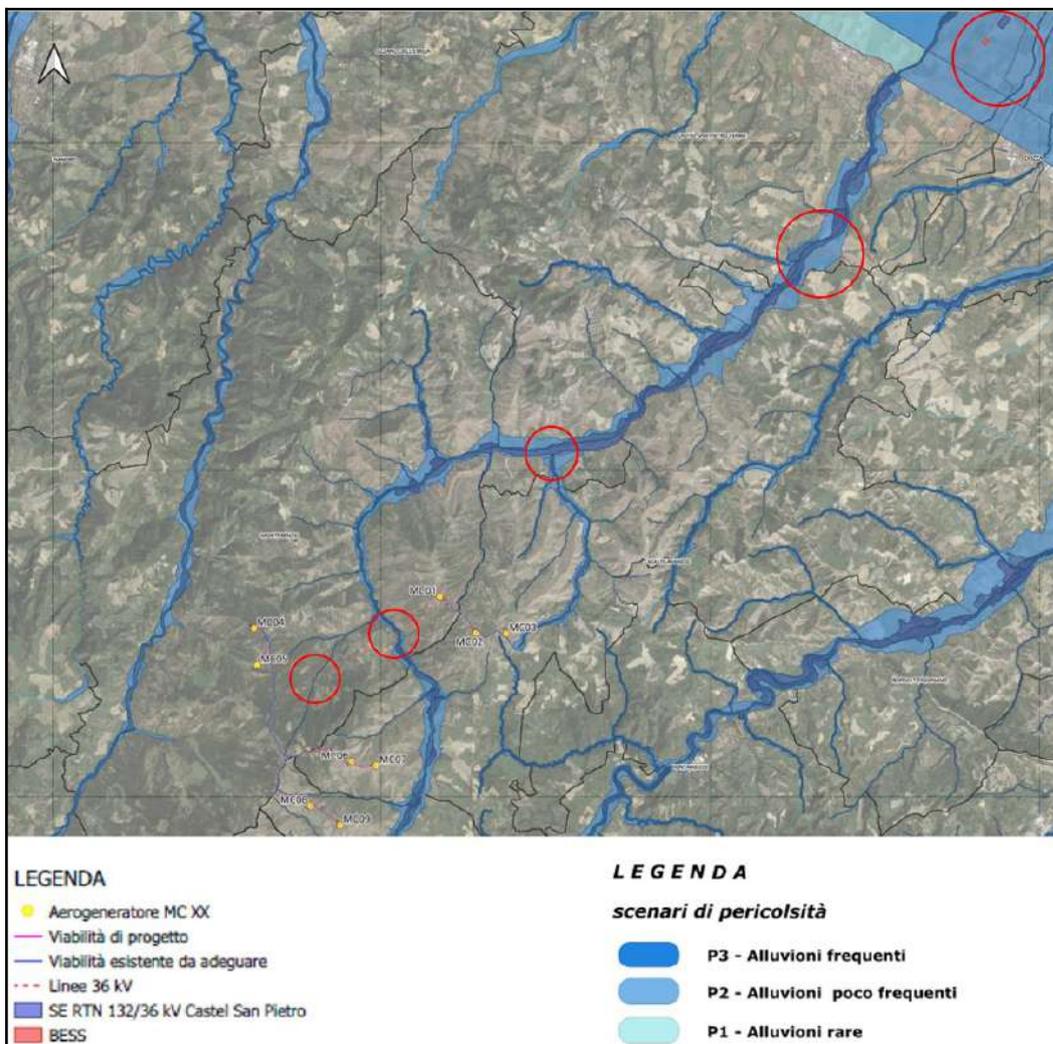


*Fig.13: Interferenze tra aree di frana ed elementi dell'impianto*

**Per il dettaglio e le indicazioni di intervento sulle singole interferenze si rimanda allo specifico elaborato**

Infine si vanno ad analizzare le mappe della pericolosità da alluvioni redatte ai sensi del D.lgs. 49/2010, per il bacino del Reno, che individuano le aree potenzialmente interessate da alluvioni suddividendole nei seguenti ambiti territoriali:

- *Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);*
- *Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);*
- *Reticolo secondario di pianura (RSP);*
- *Aree costiere marine (ACM).*



*Fig.14: Perimetrazione della pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni – Variante di coordinamento tra il PGRA e il PSAI Reno, con ubicazione parco eolico*

Il cavidotto attraversa fasce di aree a pericolosità P2 e P3, su strada esistente, mentre due opere di nuova realizzazione (la SE RTN 132/36 di Castel San Pietro e il BESS) ricadono in un'area a pericolosità P2, come da definizione soggetta ad "alluvioni poco frequenti" (**vedi MCEG019 – Tavola.3**).

Le Norme di attuazione del PSAI del bacino del fiume Reno, come modificate dalla Variante adottata con Deliberazione n. 3/1 del 7 novembre 2016 del Comitato Istituzionale al TITOLO IV "Coordinamento Con Il Piano Di Gestione Del Rischio Di Alluvioni", prescrivono, con l'art. 28 "aree interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti o rare", quanto segue:

*1. Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2), le amministrazioni comunali, oltre a quanto stabilito dalle norme di cui ai precedenti Titoli del presente piano, nell'esercizio delle attribuzioni di propria competenza opereranno in riferimento alla strategia e ai contenuti del PGRA e, a tal fine, dovranno:*

*a) aggiornare i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile, conformemente a quanto indicato nelle linee guida nazionali e regionali, specificando lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico.*

*b) assicurare la congruenza dei propri strumenti urbanistici con il quadro della pericolosità d'inondazione caratterizzante le aree facenti parte del proprio territorio, valutando la sostenibilità delle previsioni relativamente al rischio idraulico, facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte.*

*c) consentire, prevedere e/o promuovere, anche mediante meccanismi incentivanti, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità alle inondazioni di edifici e infrastrutture. [...]*

*3. In relazione al fenomeno di inondazione generata dal reticolo di bonifica, oltre a quanto stabilito nel presente piano, si applica la Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura nel bacino del Reno approvata con Delibera C.I. n° 1/3 del 23/04/2008;*

(Avviso di adozione BUR n.74 del 07/05/2008) e modificata con Delibera C. I. n° 1/2 del 25/02/2009 (Avviso di adozione BUR n.40 del 11/03/2009).

La succitata "Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura del Bacino Reno", all'art. 7, commi 2 e 5, fornisce prescrizioni per interventi strutturali all'interno delle aree inondabili (come definite all'art. 2, comma h) ad elevata o molto elevata probabilità di inondazione, caso che non riguarda le opere in oggetto.

Tuttavia, alcune prescrizioni più specifiche riguardo i tipi di interventi consentiti sono riportate nell'art. 5.2 dell'**Atto di Giunta della Regione Emilia-Romagna "Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni" (DGR 1300/2016), riguardanti il Reticolo Secondario di Pianura (RSP) in cui ricadono nuovamente la SE RTN e il BESS,**

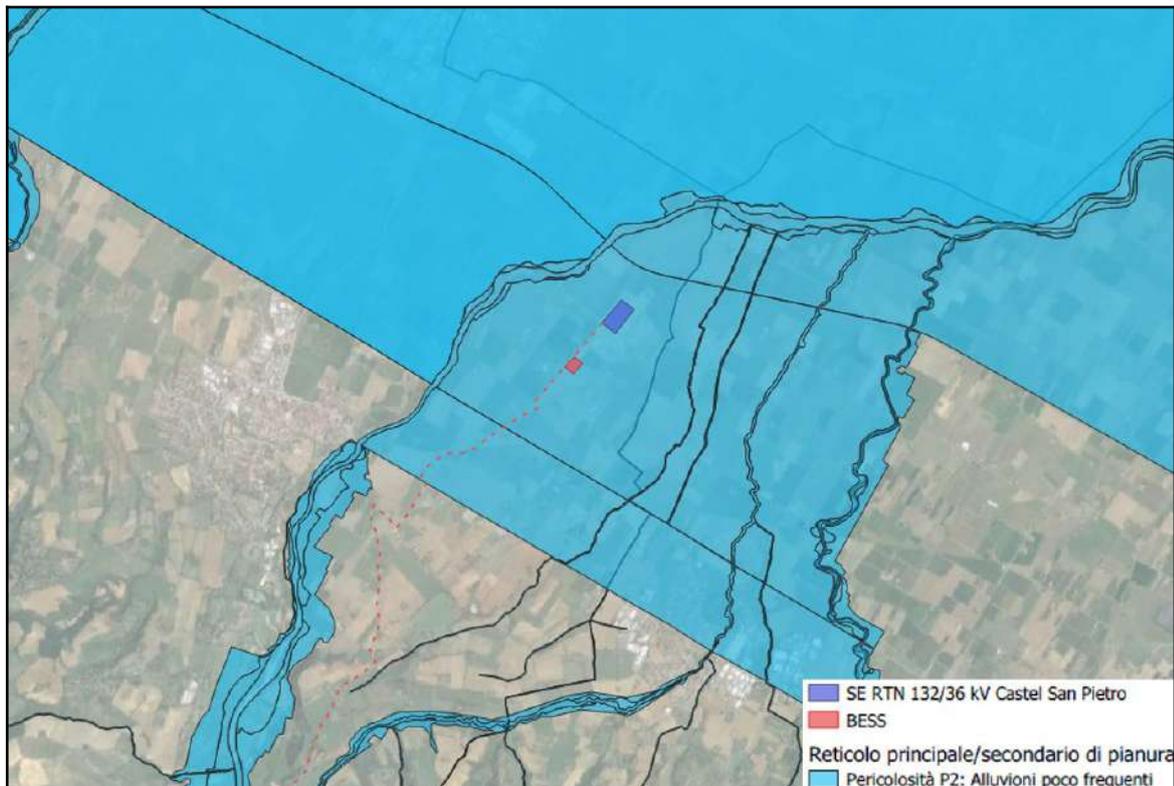
*5.2 - Disposizioni specifiche. In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrata a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:*

- *di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;*
- *di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio.*

Le successive indicazioni operative vanno considerate per il rilascio dei titoli edilizi relativi ai seguenti interventi edilizi definiti ai sensi delle vigenti leggi:

- a) ristrutturazione edilizia;
- b) interventi di nuova costruzione;**
- c) mutamento di destinazione d'uso con opere.

**(...) Nell'ambito dei procedimenti inerenti richiesta/rilascio di permesso di costruire e/o segnalazione certificata di inizio attività, si riportano di seguito, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio e che devono essere assunti in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento, demandando alle Amministrazioni Comunali la verifica del rispetto delle presenti indicazioni in sede di rilascio del titolo edilizio.**



*Fig.15: Dettaglio ubicazione SE RTN e BESS in area P2 (PGRA)*

La Direttiva riporta a questo punto alcune indicazioni progettuali più specifiche per tali interventi, che mirano alla mitigazione della pericolosità di alluvione delle opere di nuova realizzazione:

*a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:*

*a.1. La quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;*

*a.2. È da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:*

- *le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;*
- *vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;*
- ***gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;***
- *le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;*
- *le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);*
- *siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.*

*a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.*

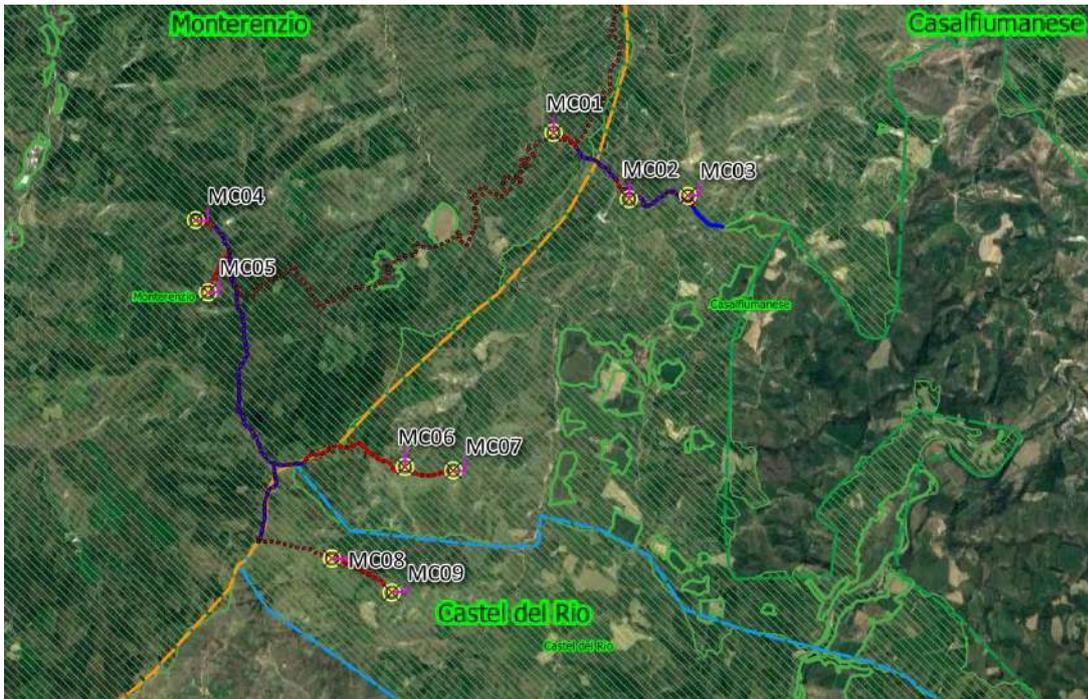
La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

Il corso d'acqua di riferimento per il reticolo idrografico principale è, in questo caso, il fiume Reno: allo stato attuale, non sono disponibili dati di tiranti idrici sul piano di campagna delle aree allagabili corrispondenti agli eventi prospettati nelle mappe della pericolosità delle alluvioni per quanto concerne il reticolo naturale principale.

**Gli interventi di progetto saranno comunque realizzati ad una quota superiore a quella del piano di campagna circostante, con una quota progetto superiore o al più uguale alla quota stradale esistente.**

## 7. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Ai sensi del R.D.L. 3267/23, l'area del **Parco Eolico Emilia** ricade interamente all'interno del vincolo idrogeologico (*vedi Fig.16*).



*Fig.16: Carte del vincolo idrogeologico*

La realizzazione delle opere accessorie (strade, piazzole) dovrà prevedere l'utilizzato di **terreno granulare, avente buone caratteristiche geotecniche e buona permeabilità, tali da garantire la stabilità delle opere stesse.**

Sarà necessario effettuare una corretta regimazione delle acque superficiali mediante la realizzazione di canali di sgrondamento e di guardia.

Si precisa tuttavia che **le opere in progetto (aerogeneratori, cavidotti, piazzole e strade di accesso) non andranno a variare significativamente il regime delle acque di superficie della zona, né ovviamente ad interferire con il regime delle acque sotterranee non presenti nell'area del Parco.**

## 8. RISULTATI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE GENERALI

Per la **caratterizzazione geognostica e sismica generale dell'area**, è stata programmata una campagna di indagini realizzata mediante l'esecuzione di **n°3 prove penetrometriche DPSH e n°3 stendimenti sismici MASW, eseguiti dalla ditta CST Engineering.**

L'ubicazione delle prove è stata effettuata tenendo conto della posizione degli impianti eolici **in relazione alle autorizzazione agli accessi nelle aree private dove sono stati posti gli aerogeneratori che in questa fase progettuale non sono state ancora acquisite.**

Id. rilievo	Tipologia indagine	Lunghezza/ Prof.raggiunta	Coordinate (Wgs84)	
			Lat.	Long
Masw1	Sismica a tecnica MASW	46 m	44.280513°	11.479095°
Masw2	Sismica a tecnica MASW	46 m	44.273695°	11.421983°
Masw3	Sismica a tecnica MASW	46 m	44.249713°	11.446662°
DPSH1	Prova Penetrometrica	3,6 m	44.280335°	11.479372°
DPSH2	Prova Penetrometrica	7,8 m	44.277120°	11.417243°
DPSH3	Prova Penetrometrica	4,5 m	44.240356°	11.435904°

*Tab.2 – Tabella riepilogativa indagini*

La prova DPSH1, effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore MC\_02, ha raggiunto la profondità massima di 3,6 metri dal p.c.



*Fig.17: Ubicazione prove penetrometrica DPSH1*

La prova DPSH2, ha raggiunto la profondità massima di 7,8 metri dal p.c. ed è stata effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore MC\_04.



*Fig.18: Ubicazione prove penetrometrica DPSH2*

La prova DPSH3, effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore MC\_08, ha raggiunto la profondità massima di 4,5 metri dal p.c.



*Fig.19: Ubicazione prove penetrometrica DPSH3*

Tali prove sono state effettuate utilizzando un penetrometro superpesante “DPSH Meardi”; la prova penetrometrica dinamica consiste nell’infiggere nel terreno una punta conica (*per tratti consecutivi “d”*) misurando il numero di colpi N necessari.

L’elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica della prova effettuata, consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un’immagine in continuo del terreno; l’utilizzo dei dati, sarà finalizzato alla

parametrizzazione geotecnica delle unità litotecniche intercettate, ricavate da correlazioni che fanno riferimento a vari autori.

La MASW1 è stata effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore MC\_02



*Fig.20: Ubicazione prove penetrometrica MASW1*

la MASW2 è stata effettuata tra l'aerogeneratore MC\_04 e MC\_05



*Fig.21: Ubicazione prove penetrometrica MASW2*

mentre la MASW3 è stata effettuata nelle vicinanze dell'aerogeneratore MC\_06.



*Fig.22: Ubicazione prove penetrometrica MASW3*

Lo stendimento sismico multicanale tipo **MASW (Multichannel Spectral Analysis of Surface Waves)** con elaborazione dei dati effettuata ai sensi del *Decreto Ministeriale del 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni)* e della *Circolare n. 7 del 21/01/2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*, **permette di determinare la categoria di suolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{seq}$ .**

## 9. MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE E PRIME INDICAZIONI SULLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

Le opere in progetto, come detto, **interessaranno principalmente le litologie della coltre e le litologie del basamento geologico** di seguito riassunte:

<b>1) Limi argillosi</b>	Coltre
<b>2) Argille a palombini (APA)</b>	Basamento geologico
<b>3) Argille variegata (AVT)</b>	
<b>4) Argille varicolori della Valsamoggia (AVS)</b>	
<b>5) Olistroma Rio delle Pioppe</b>	

Inoltre, come detto, l'area di sedime del sistema di accumulo energia elettrica (*BESS, Battery Energy Storage System*), interessa i terreni alluvionali, generati dall'azione erosivo-sedimentaria del Torrente Sillaro:

<b>6) Coltre alluvionale (alternanza di sabbie ghiaiose e sabbie limose)</b>	Alluvioni
--	-----------

A tali litotipi è possibile assegnare le seguenti caratteristiche geotecniche medie, desunte dalle indagini effettuate e da dati di bibliografia:

### 1) Limi argillosi

$$\gamma = \text{peso di volume} = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 24^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2$$

**2) Argille a palombini:**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 26^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,02 \text{ Kg/cm}^2$$

**3) Argille variegata di Grizzana Morandi:**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 26^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,02 \text{ Kg/cm}^2$$

**4) Argille varicolori della Valsamoggia:**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 26^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,02 \text{ Kg/cm}^2$$

**5) Olistroma Rio delle Pioppe**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 2,1 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 28^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2$$

**6) Coltre alluvionale (sabbie ghiaiose e sabbie limose)**

$$\gamma = \text{peso di volume} = 1,8 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = \text{angolo di attrito interno} = 35^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Dr = \text{densità relativa} = 60 \text{ } 80 \%$$

$$k = \text{coefficiente di permeabilità} = 10^{-4} \text{ m/sec}$$

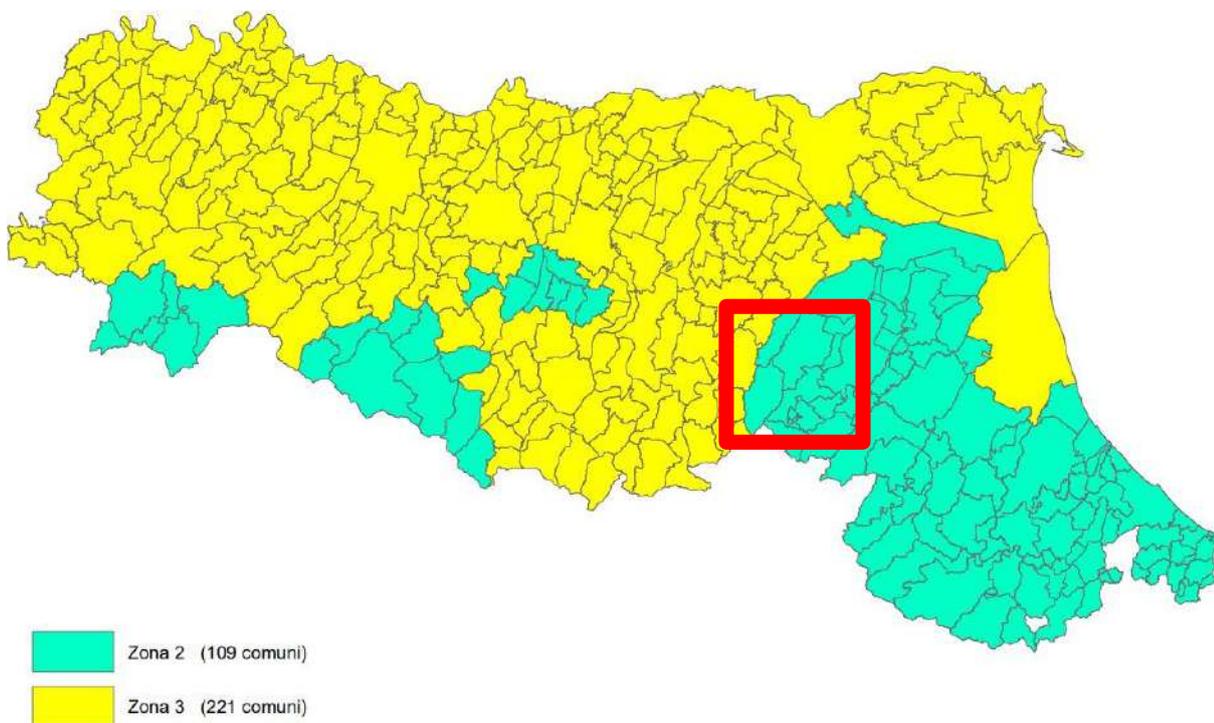
Pertanto, date le caratteristiche geomorfologiche dei siti, delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessate da tutte le opere da realizzare (aerogeneratori, i rilevati e le strutture che compongono le sottostazioni) è **possibile affermare che saranno adottate fondazioni profonde su pali, intestati nella formazione integra**, andando a superare le coltre colluviale.

Per quanto riguarda le opere di fondazione delle opere accessorie e propedeutiche alla realizzazione dell'impianto, come le piazzole di montaggio, esse potranno essere di tipo superficiale, previa idonea sistemazione del terreno di appoggio.

**Difatti, il progetto prevede l'utilizzo di terre armate e di gabbionate al fine del contenimento dei terreni che andranno a costituire i rilevati che in fase di esercizio saranno sensibilmente ridotti per lasciare in opera solo la piazzola di servizio.**

## 10. MODELLO SISMICO DELLA ZONA

I territori comunali di **Monterenzio, Casalfiumanese, Castel del Rio e Castel San Pietro Terme** (in Provincia di Bologna) in base all'**Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003 n.3274**, approvata con **DGR 2000 del 04/11/2003**, ed alla **DGR 143 DEL 2023**, sono classificati sismicamente come appartenente alla **“zona 2”**.



Lo studio di pericolosità sismica, adottato con l'**O.P.C.M. del 28 aprile 2006 n. 3519**, attribuisce alle 4 zone sismiche degli intervalli di accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Nel caso in esame l'accelerazione orizzontale del suolo ( $a_g$ ) risulta essere:

<b>Zona sismica</b>	<b>Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)</b>
1	ag > 0.25
2	0.15 < ag ≤ 0.25
3	0.05 < ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

*Tab.3 - Tabella dei valori di PGA con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni.*



### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



*Fig.23: Pericolosità sismica del territorio*

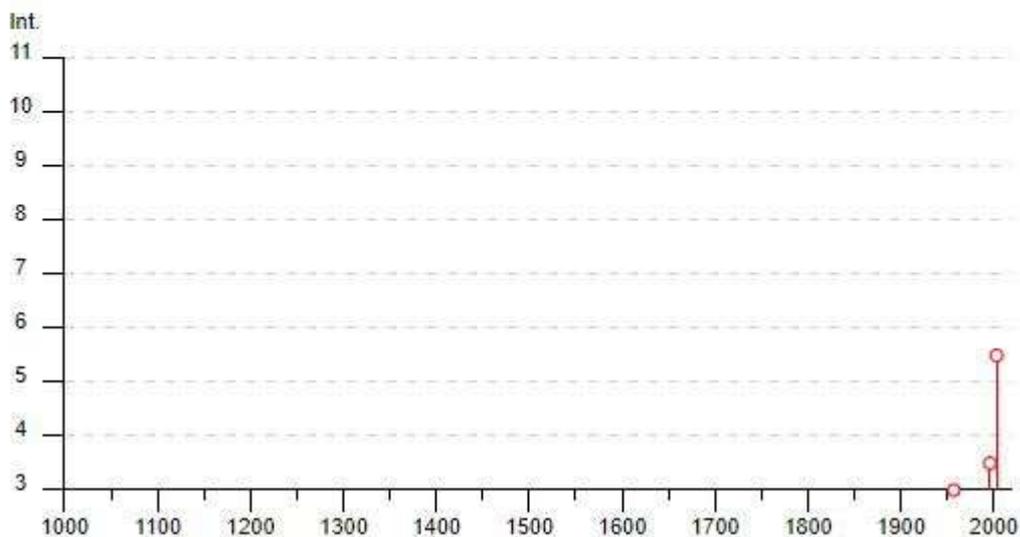
### 10.1 Sismicità storica dell'area

Di seguito si riporta la sismicità storica dell'area per eventi sismici con Magnitudo  $\geq 3,50$  riportati nel **“Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - DBMI15”**, consultabile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

#### Monterenzio



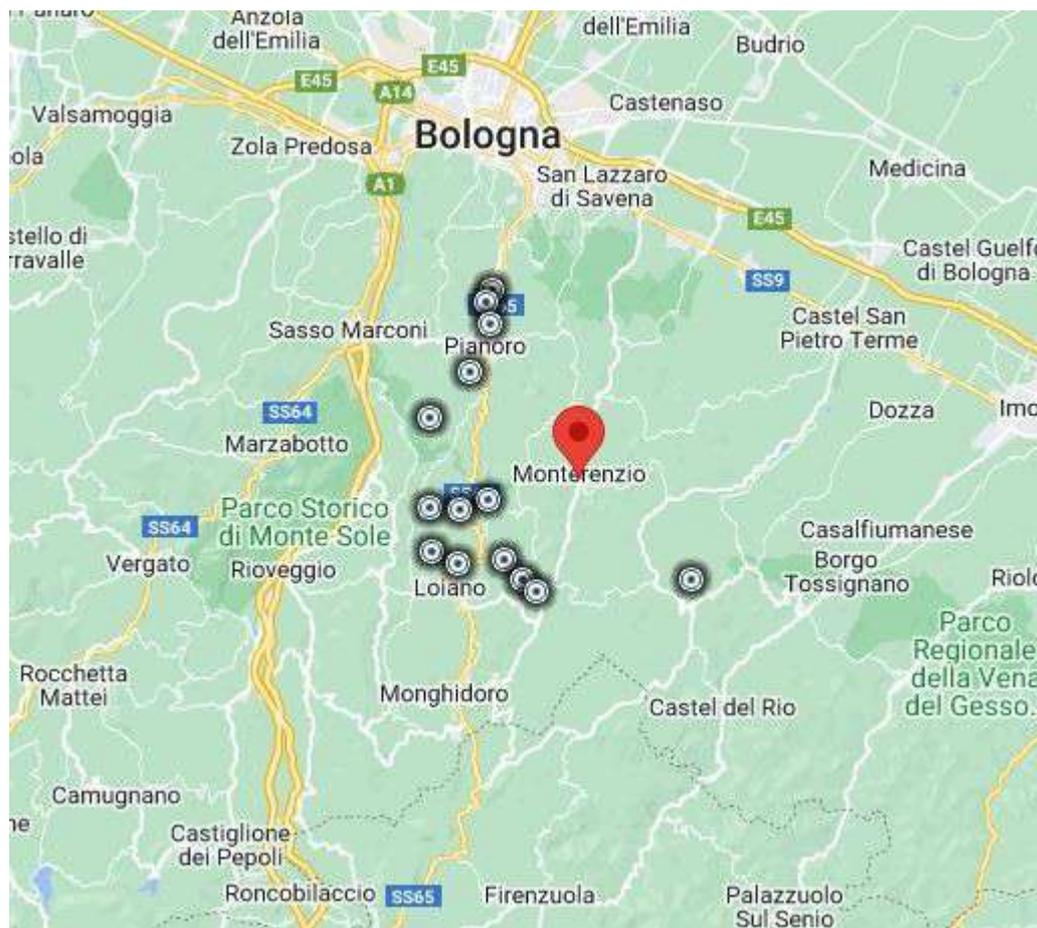
PlaceID:	IT_39984
Coordinate (lat, lon)	44.325, 11.405
Comune (ISTAT 2015)	Monterenzio
Provincia	Bologna
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	12



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
NF	1983	11	09	16	29	5	Farmense	850	6-7	5.04
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
3	1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73
NF	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
2	1931	04	05	13	34		Faentino	14	6	4.40
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
3-4	1996	03	14	01	56	3	Appennino tosco-romagnolo	20	4-5	3.56

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Barbarolo	1	6
Molino Nuovo	1	7
Scanello	2	7
Anconella	1	7
Quinzano	1	8
San Benedetto Querceto	1	8
Brento	1	8
Pianoro	22	8
Farnè	1	9
Loiano	43	9
Sassoleone	2	9
Pian di Macina	2	9
Bibulano	1	10
Musiano	2	10



Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

## 10.2 Sismicità recente dell'area

Negli ultimi decenni sono molte le sequenze sismiche significative che hanno interessato il territorio dell'Emilia Romagna.

La più recente è quella del maggio-giugno 2012 in Pianura Padana-Emiliana, lungo la dorsale ferrarese. Gli eventi di magnitudo più elevata hanno prodotto danni gravi in alcune località delle provincie di Modena e Ferrara. Le altre aree interessate da sequenze con eventi di magnitudo maggior di 5.0 sono: il Parmense (1983 MI 5.0), il Reggiano (1996 MI 5.1), l'Appennino Bolognese (2003 MI 5.0), la zona tra le provincie di Parma e Reggio Emilia (2008 MI 5.1) e l'Appennino tosco-emiliano (MI 5.2)

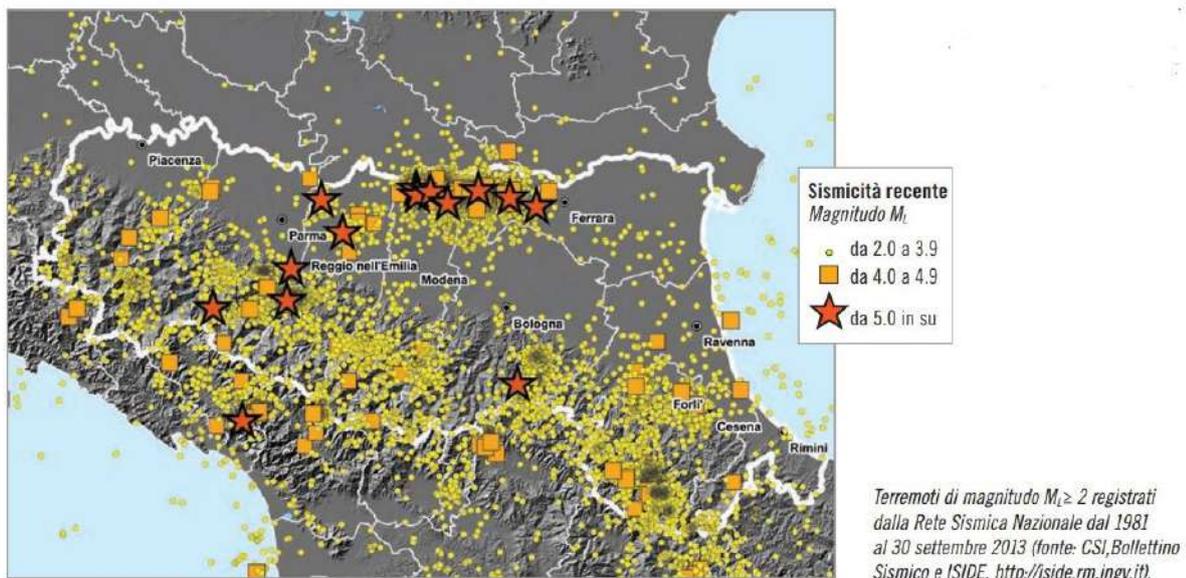


Fig.24: Terremoti di magnitudo  $M_I > 2$  registrati dalla RSN dal 1981 al 2013

Inoltre, i comuni interessati dall'intervento appartengono alla zona 914 della zonazione sismogenetica ZS9, secondo la mappa di pericolosità sismica

(INGV - C. Meletti e G. Valensise, 2004) mentre nell'area del parco non sono presenti sorgenti sismogenetiche (vedi Figg. 25 e 26).

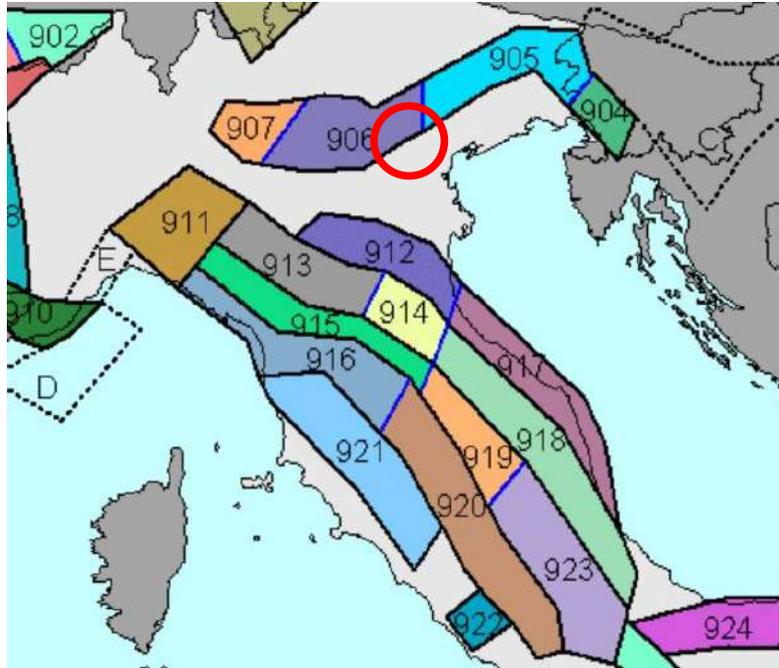


Fig.25 – Stralcio della Carta della Zonazione Sismogenetica ZS9 (da Meletti e Valensise, 2004)

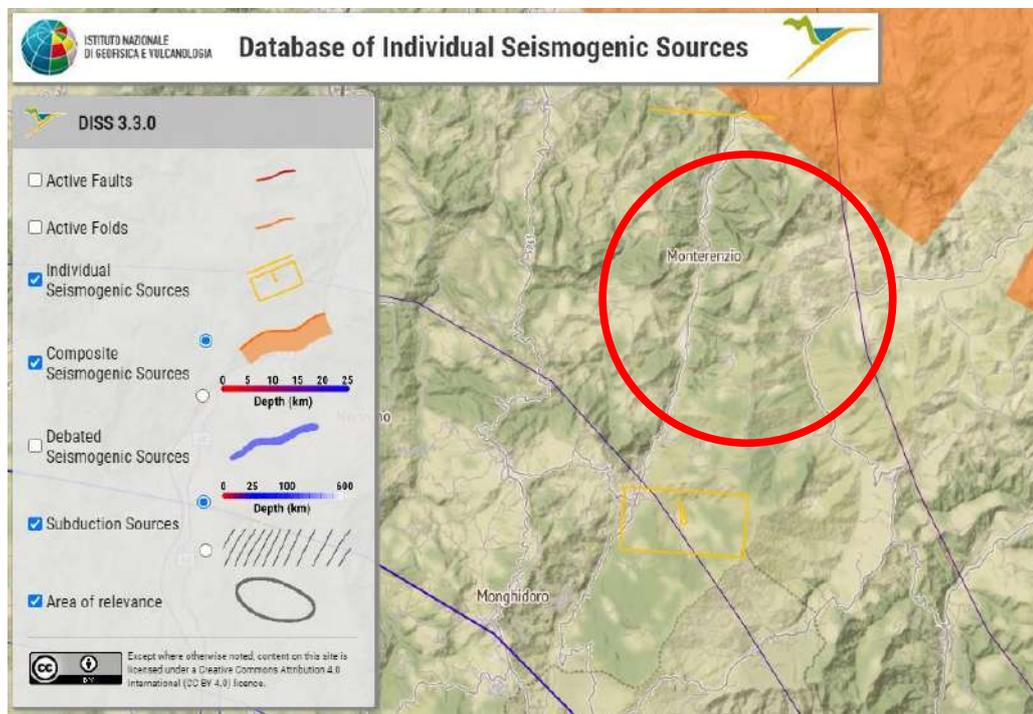


Fig.26 - Stralcio del "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS-INGV)

### **10.3 Determinazione delle categoria di suolo e topografica**

#### **Categoria di suolo**

Come previsto dalle NTC 2018 (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), per la **stima della pericolosità sismica dell'area, è necessario individuare la categoria di sottosuolo del sito mediante opportune indagini geofisiche.**

**Difatti, sono state effettuate prove sismica del tipo MASW (Multichannel Analysis Surface Wave) per la determinazione delle  $V_{seq}$ .**

Il valore di  $V_{seq}$  ricavato dalle prova sismiche eseguite permetterà di assegnare ad ogni area di sedime degli aerogeneratori la rispettiva categoria di sottosuolo evidenziata nella tabella 3.2. Il allegata alle N.T.C. e di seguito riportata:

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Si rimanda al paragrafo 12 per l'assegnazione della categoria di suolo di ogni sito individuato per l'installazione degli aerogeneratori.**

### **Categoria topografica**

Per l'assegnazione della categoria topografica si fa riferimento alla tabella 3.2.III (categorie topografiche) allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018, di seguito riportata:

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
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 3 (3.2.III)*

Si rimanda **al paragrafo 12 per l'assegnazione della categoria topografica di ogni sito individuato per l'installazione degli aerogeneratori.**

#### ***10.4 Determinazione della pericolosità sismica di base***

Ai sensi del D.M. 14 GENNAIO 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), del DM 17 gennaio 2018 (*Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*) e della Circolare n°7 del 21/07/19 le azioni sismiche di progetto vengono definite a partire dalla **pericolosità sismica di base** del sito in oggetto.

Per la stima della pericolosità sismica di base devono essere noti:

- *Le coordinate geografiche del sito;*
- *I nodi del reticolo di riferimento;*
- *La classe d'uso e vita nominale dell'edificio;*
- *Pericolosità sismica di base;*

#### **Coordinate geografiche**

Le coordinate geografiche della zona comprendente l'area in oggetto sono le seguenti (riferite alle coordinate baricentriche dell'impianto):

<b>Sistema di Riferimento</b>	<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>
WGS84	44.263042°	11.450491°
ED50	44.263986°	11.451478°

### **Nodi del reticolo di riferimento**

Sito 1 ID: 17841 Lat: 44,2663 Lon: 11,3962 Distanza: 4408,560

Sito 2 ID: 17842 Lat: 44,2676 Lon: 11,4659 Distanza: 1217,107

Sito 3 ID: 18064 Lat: 44,2176 Lon: 11,4676 Distanza: 5319,694

Sito 4 ID: 18063 Lat: 44,2164 Lon: 11,3979 Distanza: 6801,007

### **Classe d'uso e vita nominale**

In accordo con il progettista, agli aerogeneratori viene assegnata una **classe d'uso II<sup>^</sup> con vita nominale di anni 50.**

### **Pericolosità sismica di base**

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i **valori di accelerazione orizzontale (ag/g) attesi per il sito in oggetto, relativi ad ogni stato limite di progetto:**

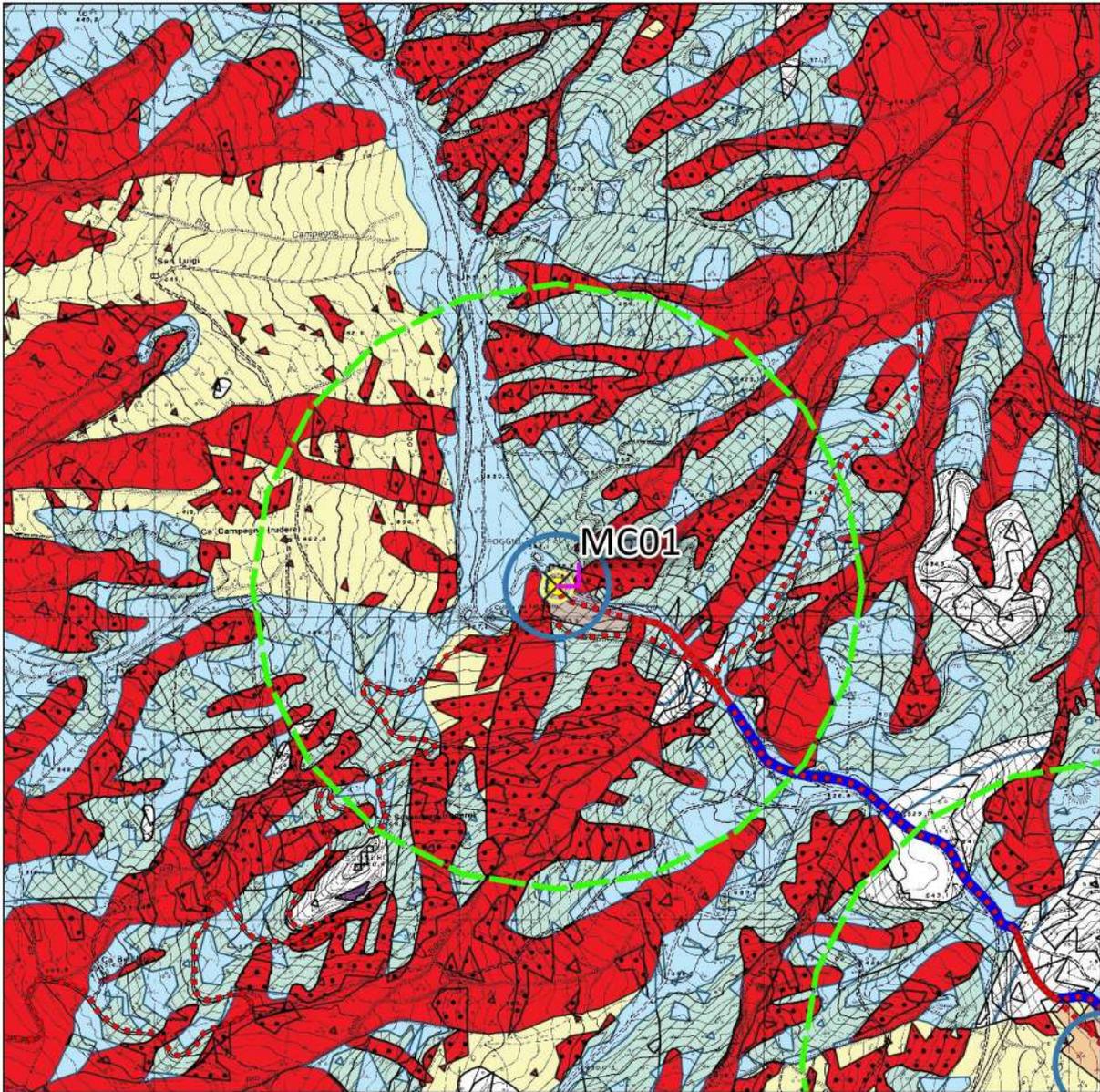
<b>Stato Limite</b>	<b>Tr [anni]</b>	<b>ag [g]</b>	<b>Fo</b>	<b>Tc*[s]</b>
Operatività (SLO)	30	0,066	2,434	0,259
Danno (SLD)	50	0,083	2,428	0,267
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,195	2,501	0,297
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,244	2,536	0,311

### **10.5 Trasposizione della Tavola 4 - Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali – Art.28**

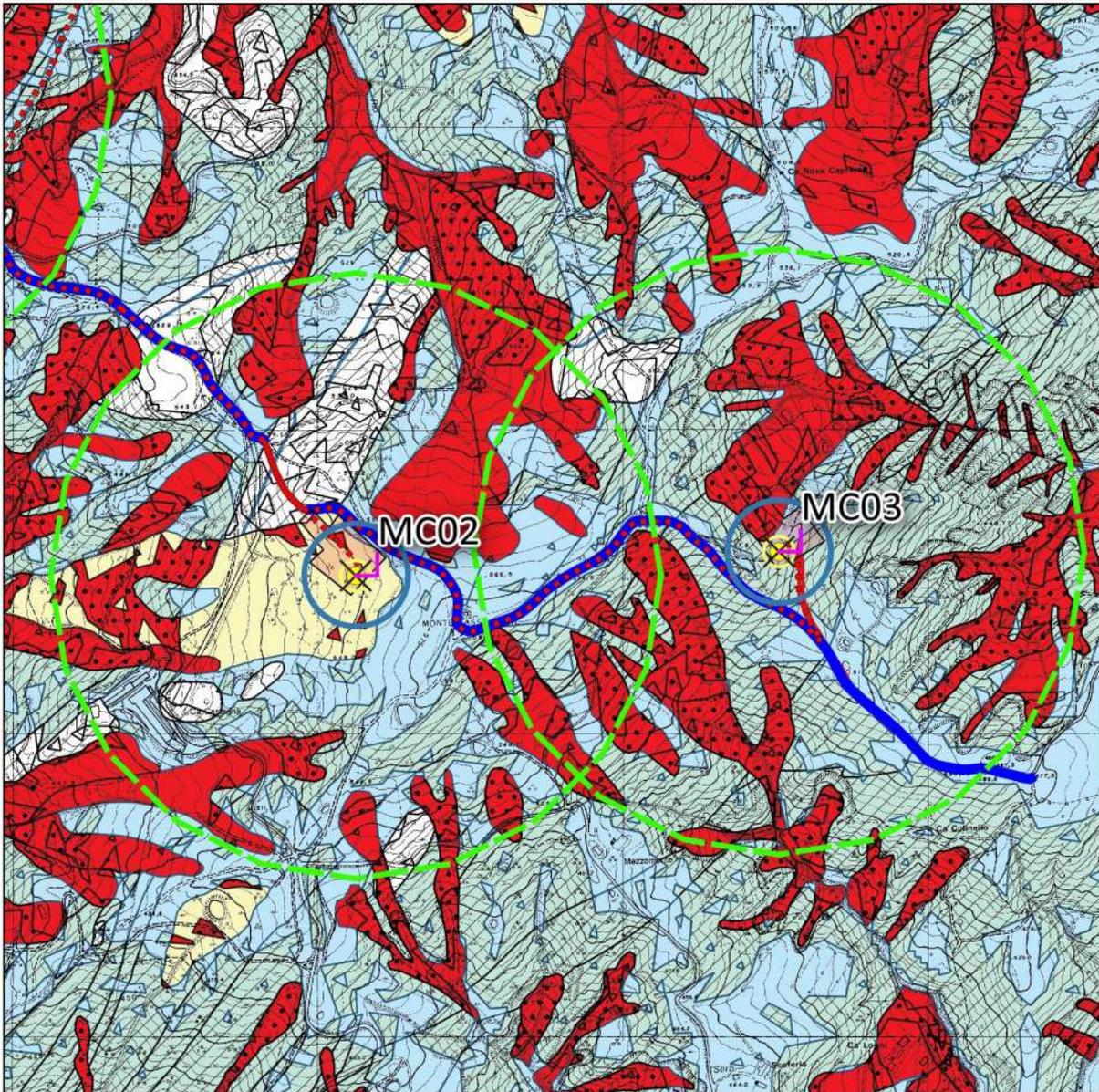
Il Piano territoriale metropolitano della Città Metropolitana di Bologna, pubblicato ai sensi dell'articolo 17 del D.lgs. 152/2006 e dell'articolo 46 comma 7 della L.R. 24/2017 e adottato con delibera del C.M. n°16 del 12/05/21 è uno strumento nuovo che raccoglie l'eredità del PTCP e disegna gli scenari di sviluppo della Città Metropolitana di Bologna.

Di seguito si riportano degli stralci della **Tavola 4 - Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali** relativa alle aree di sedime degli aerogeneratori da installare, con indicazione di un buffer di 500 metri intorno all'aerogeneratore stesso (*cerchio verde tratteggiato*).

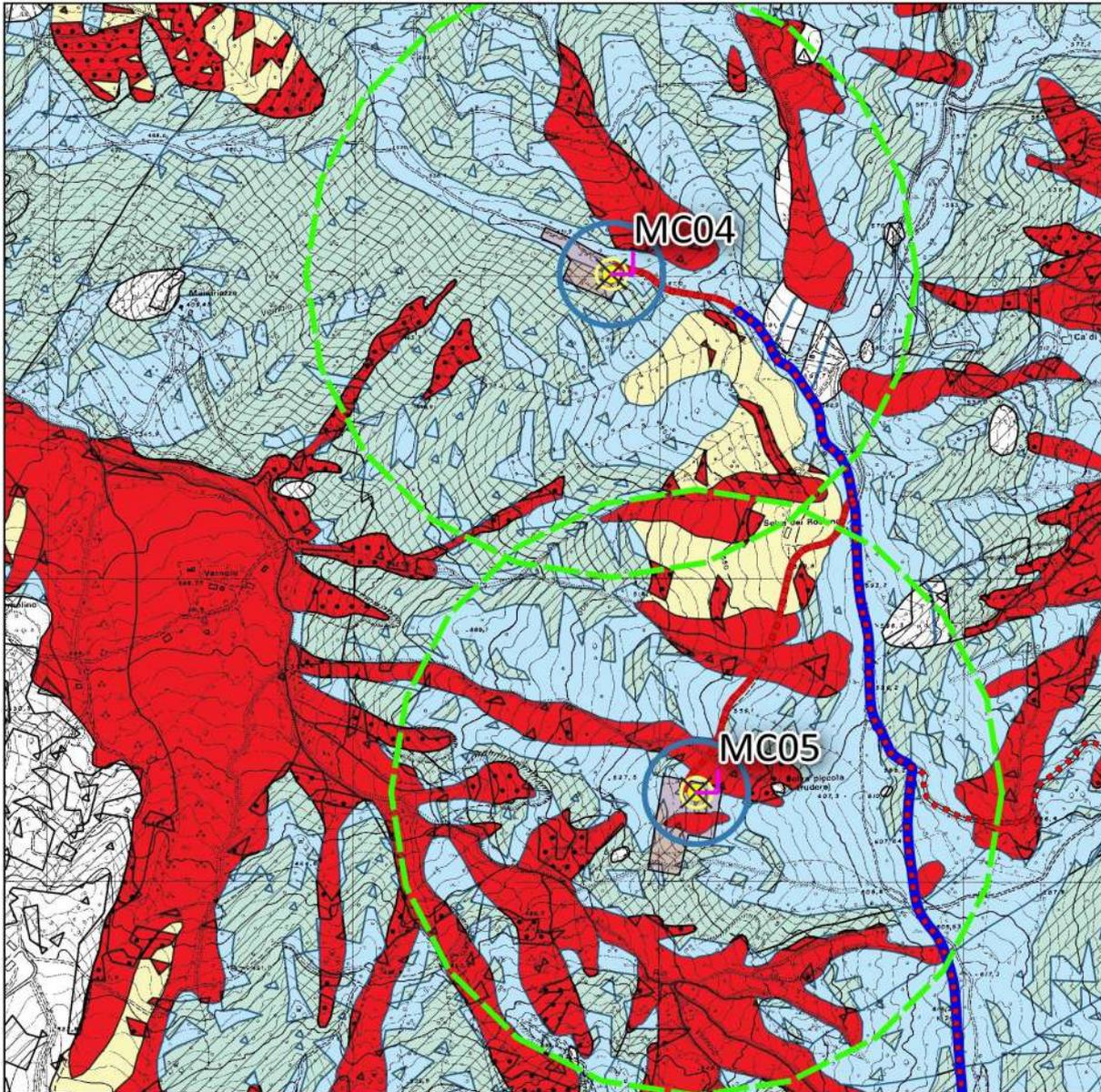
**In questi stralci vengono anche riportati gli affioramenti rocciosi.**



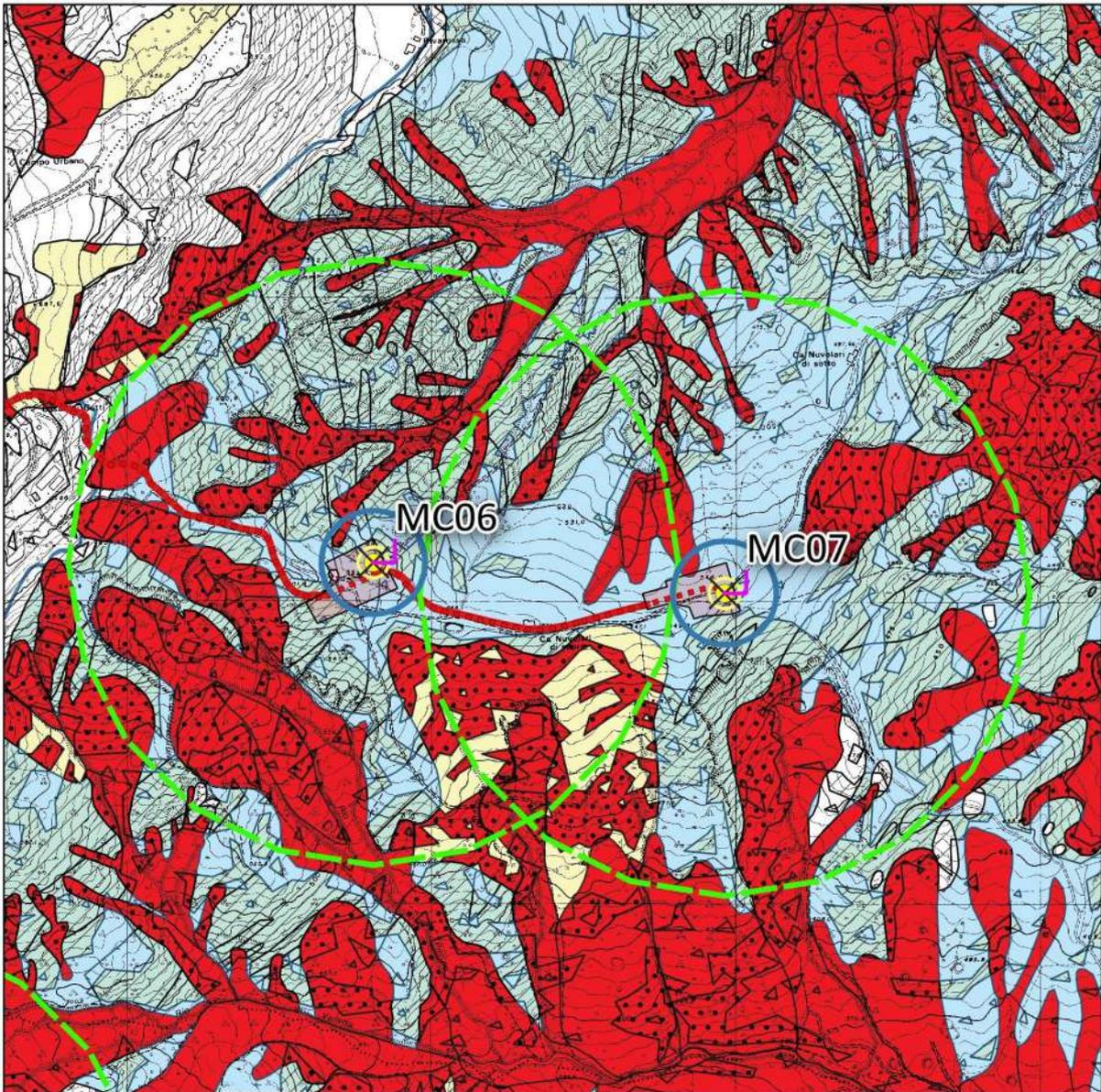
*Fig.27 - Stralcio Tavola 4 (art.28) – MC1*



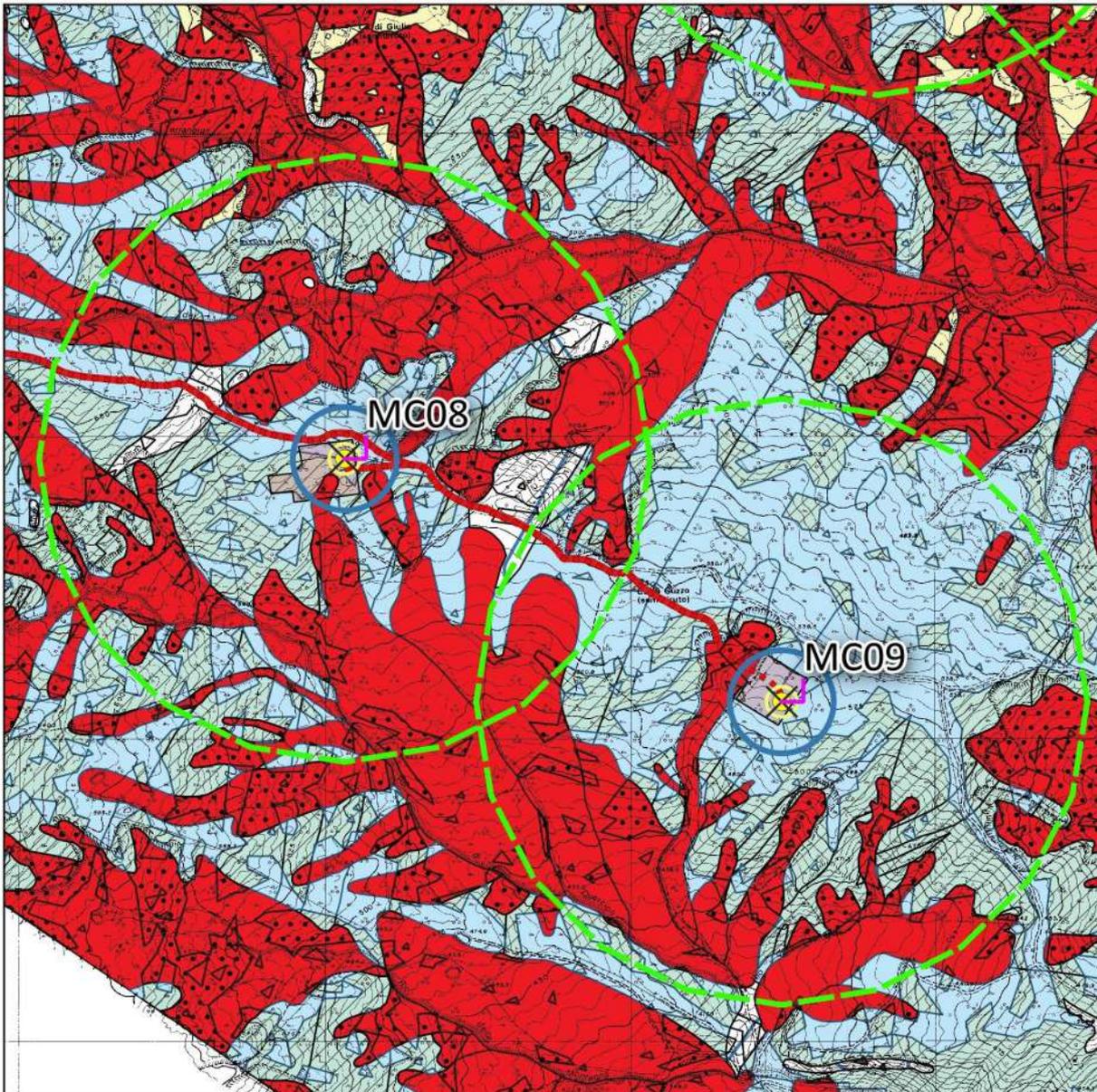
*Fig.28 - Stralcio Tavola 4 (art.28) – MC2 e MC3*



*Fig.29 - Stralcio Tavola 4 (art.28) – MC4 e MC5*



*Fig.30 - Stralcio Tavola 4 (art.28) – MC6 e MC7*



*Fig.31 - Stralcio Tavola 4 (art.28) – MC8 e MC9*

## Aree suscettibili di effetti locali

-  **S - Substrato rigido affiorante/subaffiorante**  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture  $H < 3m$ ).  
Inclinazione del pendio  $i \leq 15^\circ$
-  **SP - Substrato rigido affiorante/subaffiorante  $15^\circ < i < 50^\circ$**   
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture  $H < 3m$ ).  
Inclinazione del pendio  $15^\circ < i < 50^\circ$
-  **N - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante**  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture  $H < 3m$ ). Inclinazione del pendio  $i \leq 15^\circ$
-  **NP - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante  $15^\circ < i < 50^\circ$**   
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture  $H < 3m$ ). Inclinazione del pendio  $15^\circ < i < 50^\circ$
-  **AV - Detriti s.l.  $i \leq 15^\circ$**   
Corpi detritici di varia origine (alluvionale, eluvio-colluviale, coltri di alterazione, ecc.), generalmente a  
granulometria mista. Spessore della coltre  $H \geq 3m$ . Inclinazione della superficie topografica  $i \leq 15^\circ$
-  **B - Depositi di margine appenninico-padano**  
Depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose) di conoide alluvionale, di  
spessore  $H > 5m$ , sepolti (profondità  $> 3m$  da p.c.) e depositi di interconoide
-  **C - Sedimenti prevalentemente fini di pianura**  
Depositi coesivi prevalenti (limi, limi argillosi, argille)
-  **P50 - Substrato affiorante/subaffiorante  $i \geq 50^\circ$**   
Substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture  $H < 3m$ ). Inclinazione del pendio  $i \geq 50^\circ$
-  **F - Zona di attenzione per instabilità di versante  $i \leq 15^\circ$**   
Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata). Spessore della coltre  $H \geq 3m$ . Inclinazione della superficie  
topografica  $i \leq 15^\circ$
-  **FP - Zona di attenzione per instabilità di versante  $i > 15^\circ$**   
Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata), accumuli detritici di versante s.l., depositi alluvionali  
e riporti antropici. Spessore della coltre  $H \geq 3m$ . Inclinazione della superficie topografica  $i > 15^\circ$
-  **D - Zona di intensa fratturazione/cataclastica**  
Fascia di territorio con rocce intensamente fratturate a cavallo di una faglia
-  **G - Zona di attenzione per cavità sotterranee**  
Zone in cui possono essere presenti cavità ipogee, anche estese, riempite o meno (depositi evaporitici  
messiniani, sabbiosi plio-quadernari, ecc.)
-  **R - Zona di attenzione per accumuli di origine antropica**  
Riempimenti di ex cave riempite, discariche, depositi di terre di scavo, terreni di riporto
-  **L - Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione**  
Successioni di pianura con intervalli granulari (limi sabbiosi, sabbie, sabbie ghiaiose), almeno metrici,  
nei primi 20 m da p.c.

## **11. PIANO INDAGINI DA EFFETTUARE PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVO-ESECUTIVA DEGLI AEROGENERATORI E DELLE SOTTOSTAZIONI**

Le indagini eseguite, rappresentano una **prima caratterizzazione di massima dei litotipi affioranti all'interno dell'area di progetto.**

Per la progettazione esecutiva dei singoli aerogeneratori, delle rispettive piazzole e strade di accesso **dovranno essere effettuate indagini geognostiche e sismiche aggiuntive**, con **prove in sito e di laboratorio** al fine di caratterizzare in maniera puntuale l'area di sedime delle opere da realizzare.

Tali prove saranno mirate per la **determinazione delle strutture definitive di fondazione**, per la realizzazione delle eventuali opere di contenimento e per gli studi geologici-geomorfologici e **verifiche di stabilità da effettuare sulle zone interessate da dissesti cartografati nel PAI.**

Nello specifico saranno effettuati:

- *Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con prove in S.P.T. in foro e prelievo di campioni;*
- *Prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati;*
- *Istallazione di piezometri per il rilevamento della falda freatica, se intercettata durante i sondaggi geognostici;*
- *Prove penetrometriche dinamiche DPSH o statiche CPT (ad eventuale integrazione di quanto già effettuato);*
- *Prove sismiche tipo MASW e Rifrazione (ad eventuale integrazione di quanto già effettuato).*

## 12. DESCRIZIONE DELLE AREE DI SEDIME DEGLI AEROGENERATORI

Di seguito, viene effettuata una sintetica descrizione delle aree di sedime degli aerogeneratori.

### MC\_01



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_01 è ubicata in corrispondenza di una piccola cresta che rappresenta la linea spartiacque tra il Torrente Sillaro ed il Rio Domenicali (affluente in destra del T.Sillaro), alla quota di 540,0 metri s.l.m.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_01	540,0	12°	Argille variegata	No

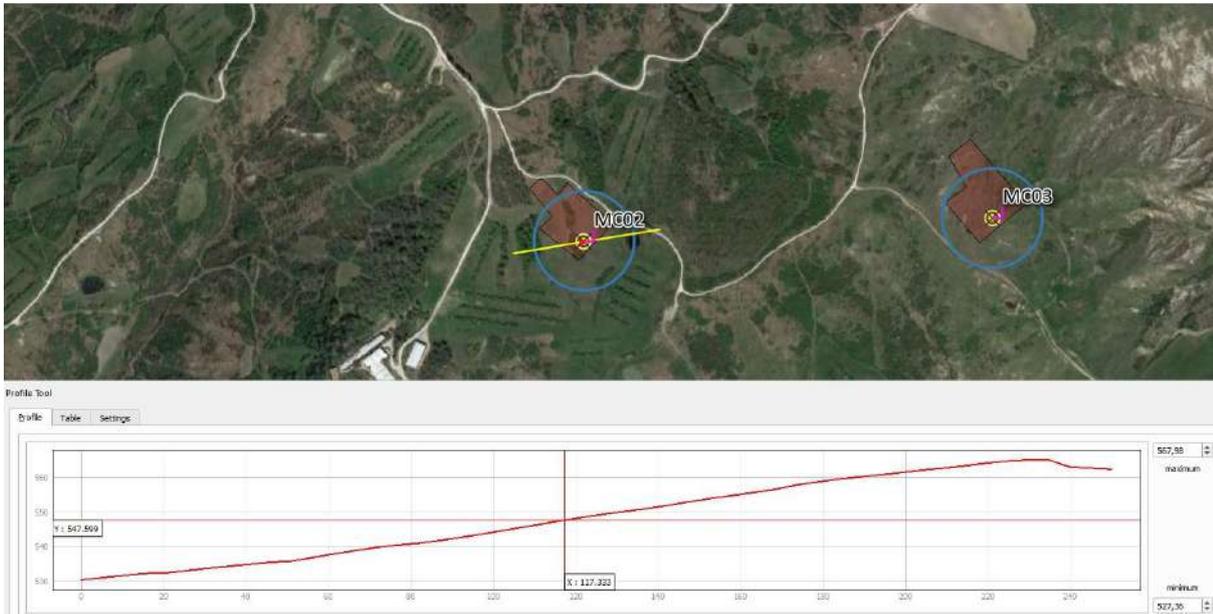
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 4,00 m: Limi argillosi

da 4,00 in poi: Argille variegata

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"**

## MC\_02



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_02 è ubicata in destra orografica del Torrente Sillaro, alla quota di 548,0 metri s.l.m., su un versante esposto a Sud-Ovest avente pendenza di 8° in corrispondenza del punto di installazione.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_02	548,0	8°	Argille varicolori della V.Samoggia	No

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 6,00 m: Limi argillosi

da 6,00 in poi: Argille varicolori

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"**

### MC\_03



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_03 è ubicata su un versante esposto ad Est, appena sotto cresta di una dorsale che rappresenta la linea spartiacque tra il Torrente Sillaro ed il Rio di Sassatello (affluente in destra del T.Sillaro), alla quota di 535,0 metri s.l.m.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MN_03	535,0	12°	Olistroma Rio delle Pioppe	Si

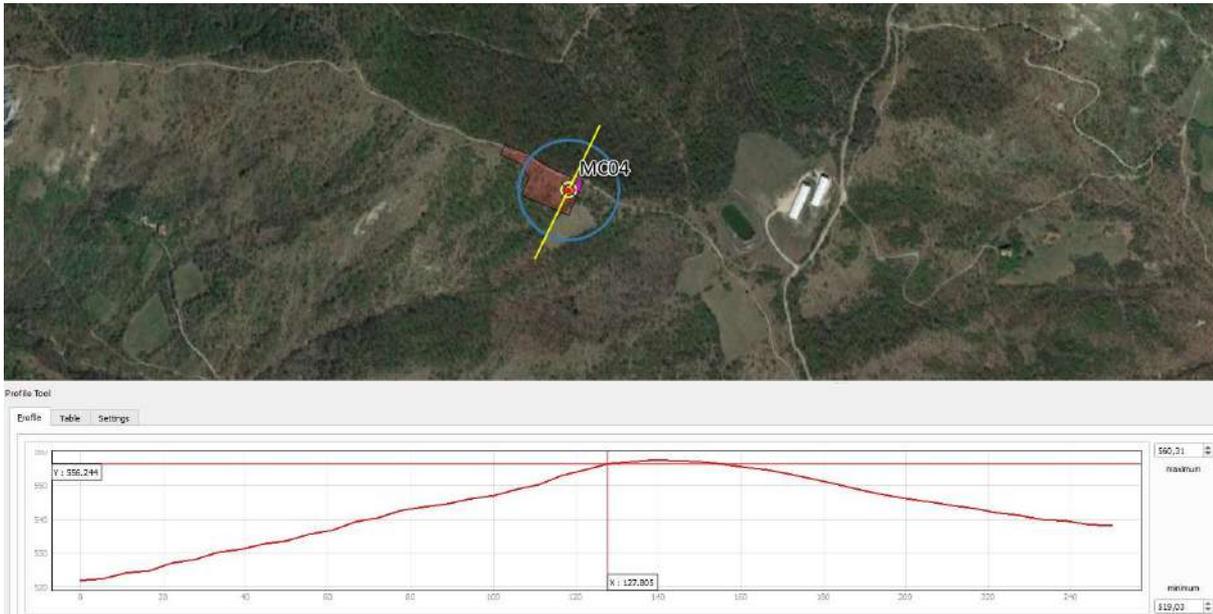
#### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,00 m: Limi argillosi

da 3,00 in poi: Olistroma Rio delle Pioppe

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"**

## MC\_04



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_04 è ubicata in corrispondenza di una cresta con andamento Ovest-Nord-Ovest Est-Sud-Est, appartenente al bacino idrografico del Torrente Idice, avente una pendenza di 12° in corrispondenza del punto di installazione e una quota di 556,5 metri s.l.m.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_04	556,5	12°	Argille a palombini	No

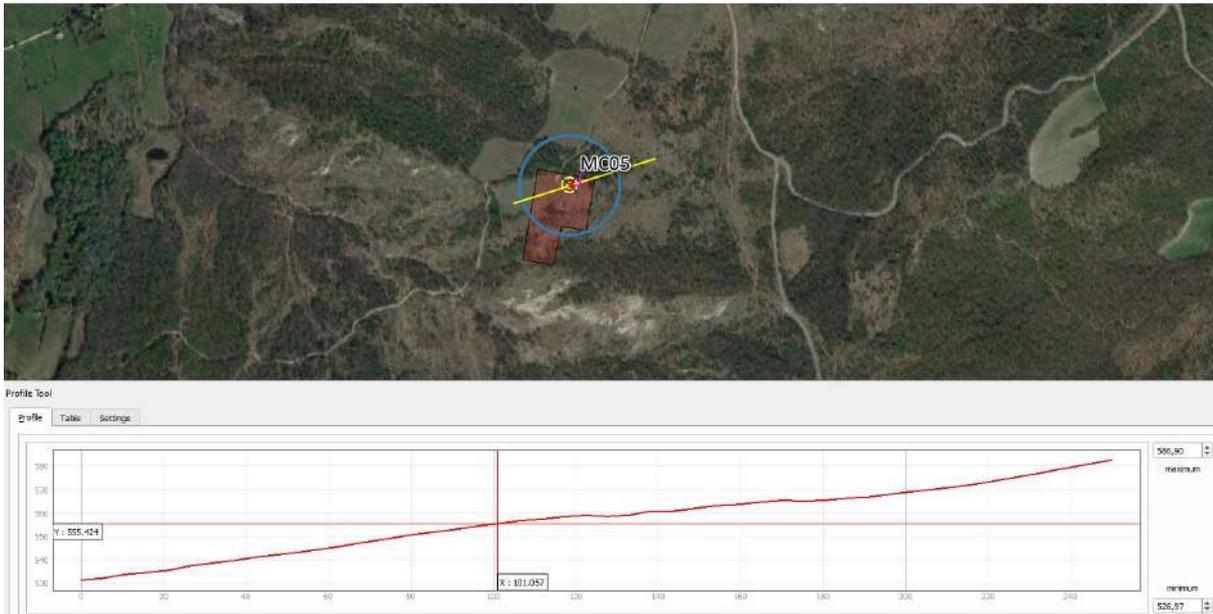
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,00 m: Limi argillosi

da 3,00 in poi: Argille a palombini

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"**

## MC\_05



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_05 è ubicata su un versante esposto ad Ovest, appartenente al bacino idrografico del Torrente Idice, avente una pendenza di 11° in corrispondenza del punto di installazione e una quota di 555,5 metri s.l.m.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_05	555,5	11°	Argille a palombini	No

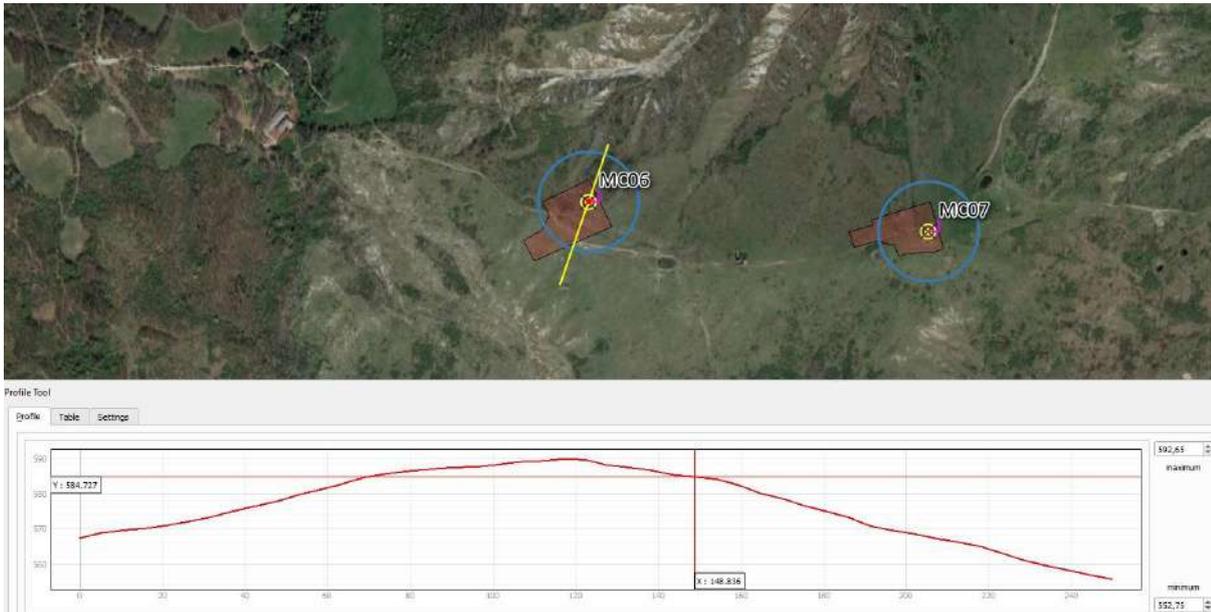
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,00 m: Limi argillosi

da 8,00 in poi: Argille a palombini

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "B"**

## MC\_06



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_06, è ubicata sulla parte alta di un versante esposto a Nord-Ovest, ad una quota di 584,0 metri s.l.m.; la superficie topografica presenta una pendenza di 12°.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_06	584,0	12°	Argille varicolori della V.Samoggia	Si – nelle vicinanze

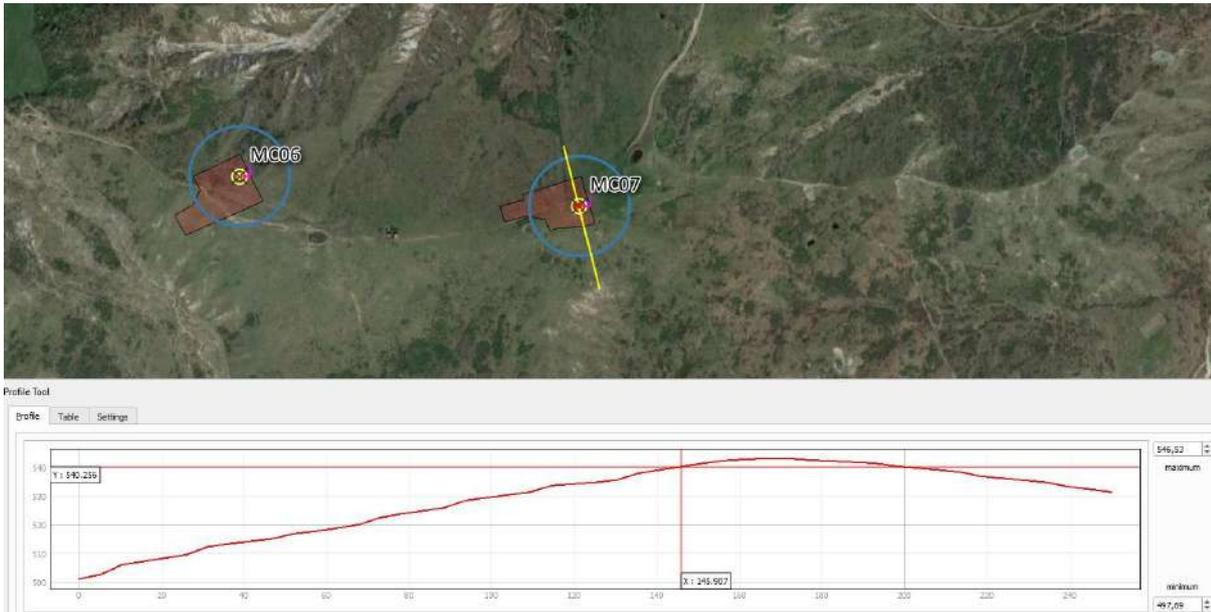
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 4,00 m: Limi argillosi

da 4,00 in poi: Argille Varicolori

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "C"**

## MC\_07



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_07, è ubicata sulla parte alta di un versante esposto a Nord-Ovest, ad una quota di 540,0 metri s.l.m.; la superficie topografica presenta una pendenza di 12°.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MN_07	540,0	12°	Olistroma Rio delle Pioppe	Si – nelle vicinanze

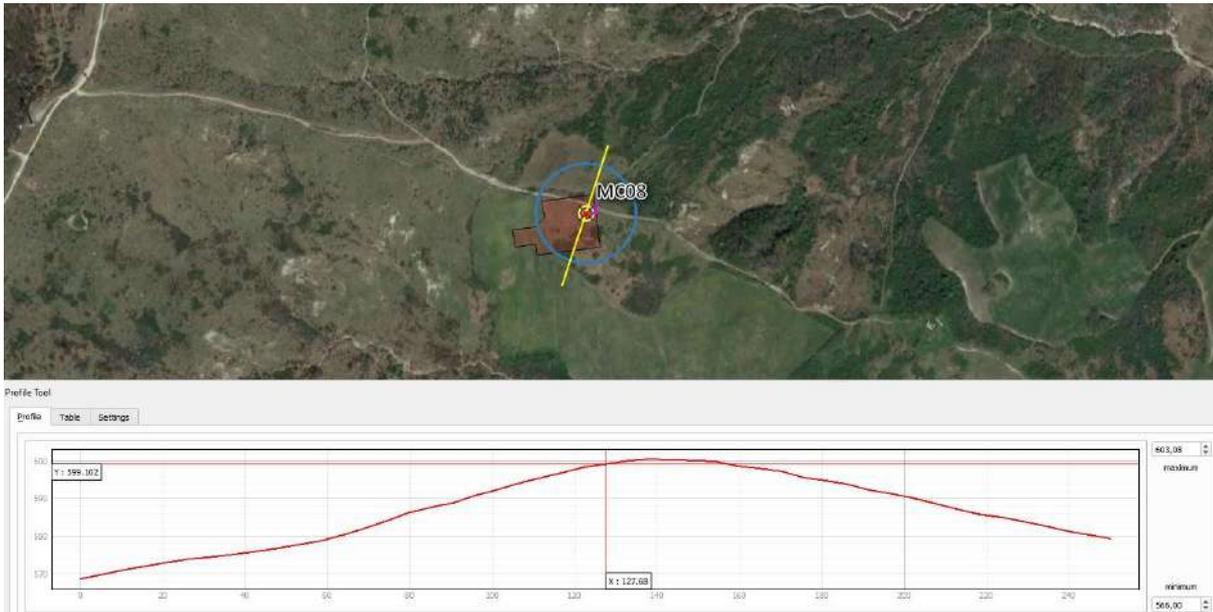
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 3,00 m: Limi argillosi

da 3 ,00 in poi: Olistroma Rio delle Pioppe

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "C"**

## MC\_08



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_08, è ubicata in corrispondenza di una cresta (Colle di Guzzo) con andamento Nord-Ovest Sud-Est, ad una quota di 600,0 metri s.l.m.; la superficie topografica presenta in corrispondenza del punti di installazione presenta una pendenza di 12°.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_08	600,0	12°	Argille variegata	Si

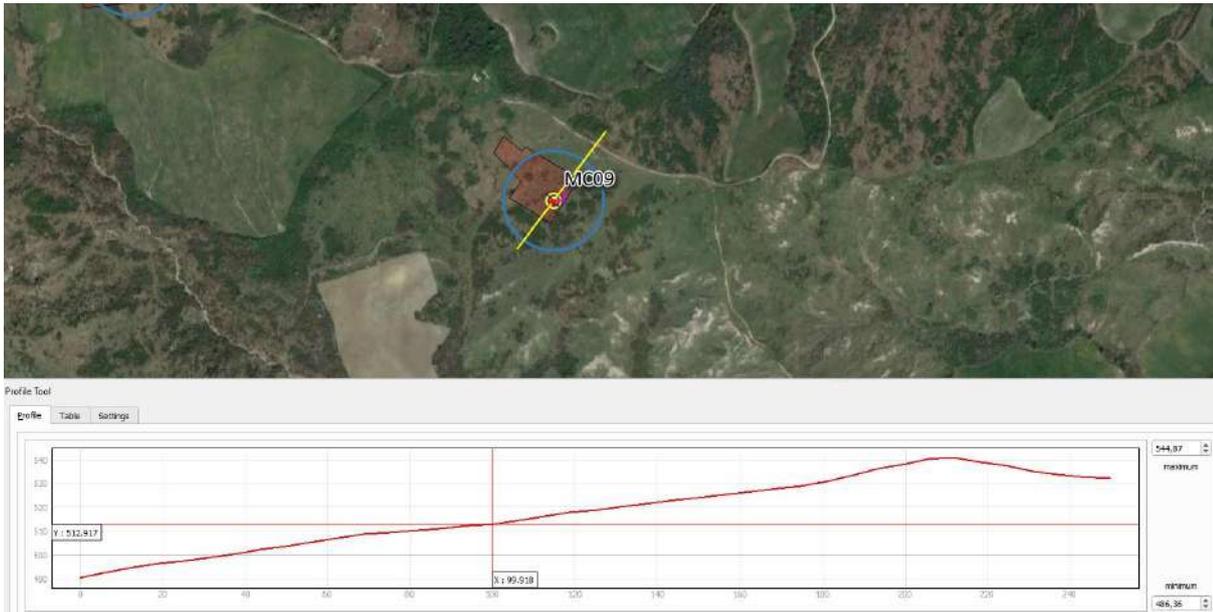
### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 4,00 m: Limi argillosi

da 4,00 in poi: Argille variegata

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "C"**

## MC\_09



L'area di sedime dell'aerogeneratore MC\_09, è ubicata su un versante esposto a Sud-Ovest di Colle di Guzzo, ad una quota di 513,0 metri s.l.m.; la superficie topografica presenta una pendenza di 12°.

ID	Quota slm	Pendenza	Geologia	Presenza di dissesti
MC_09	513,0	12°	Olistroma Rio delle Pioppe	No

### Successione stratigrafica sintetica

da 0,00 ÷ a 8,00 m: Limi argillosi

da 8,00 in poi: Olistroma Rio delle Pioppe

**Categoria Topografica "T1" – Categoria di sottosuolo "C"**

### **13. OPERE ELETTRICHE**

Come detto l'impianto sarà collegato alla stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 132/36 kV Castel San Pietro di futura realizzazione.

Tali cavidotti, **interrati ad una profondità non inferiore a 1,0 metro**, saranno infilati all'interno di corrugati di idonea sezione.

Essi andranno ad interessare principalmente carreggiate stradali esistenti, e pertanto ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli *"Enti proprietari"* e gestori del tratto di strada interessato.

Laddove le strade si sviluppino sui versanti e, compatibilmente con l'ubicazione di altri sottoservizi già presenti, **il cavidotto sarà ubicato lato monte, onde evitare di interessare eventuali terreni di riporto**.

Per alcuni tratti **i tracciati individuati per i cavidotti interrati interessano aree a rischio idrogeologico** (*aree in frana o aree a rischio idraulico*) (**vedi MCEG019 – Tavola.3**).

In corrispondenza di aree a pericolosità idraulica, il cavidotto viene posato su viabilità esistente, ovvero tracciato stradale o attraversamento (ponti).

Attualmente solo alcuni brevi tratti interessano fenomeni definiti "attivi", anche se, **nel momento in cui si redige il presente elaborato, in quei tratti le evidenze di movimento non sono visibili**.

**Tuttavia**, in corrispondenza di tali tratti, laddove il movimento risulti attivo ed in evoluzione, valutare accorgimenti tali per cui il cavidotto non vada in tensione (*es. corda molla all'interno dello scavo e pozzetti d'ispezione*).

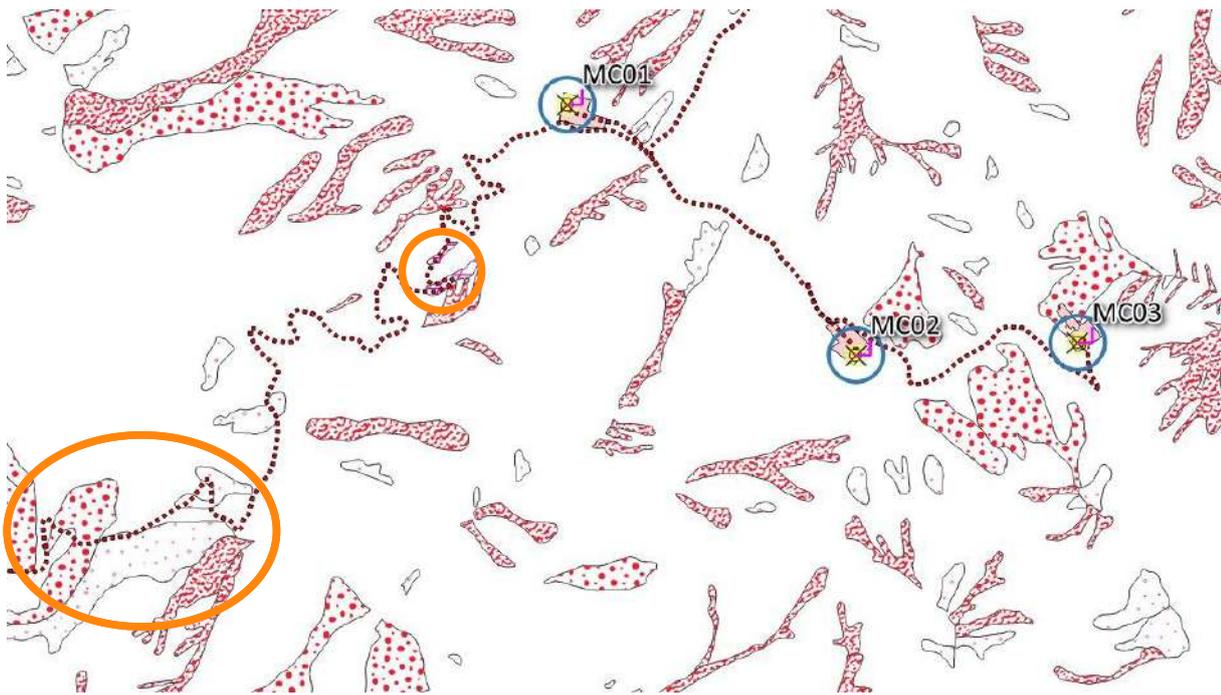


Fig.32 – Interferenza Cavidotto / dissesti attivi

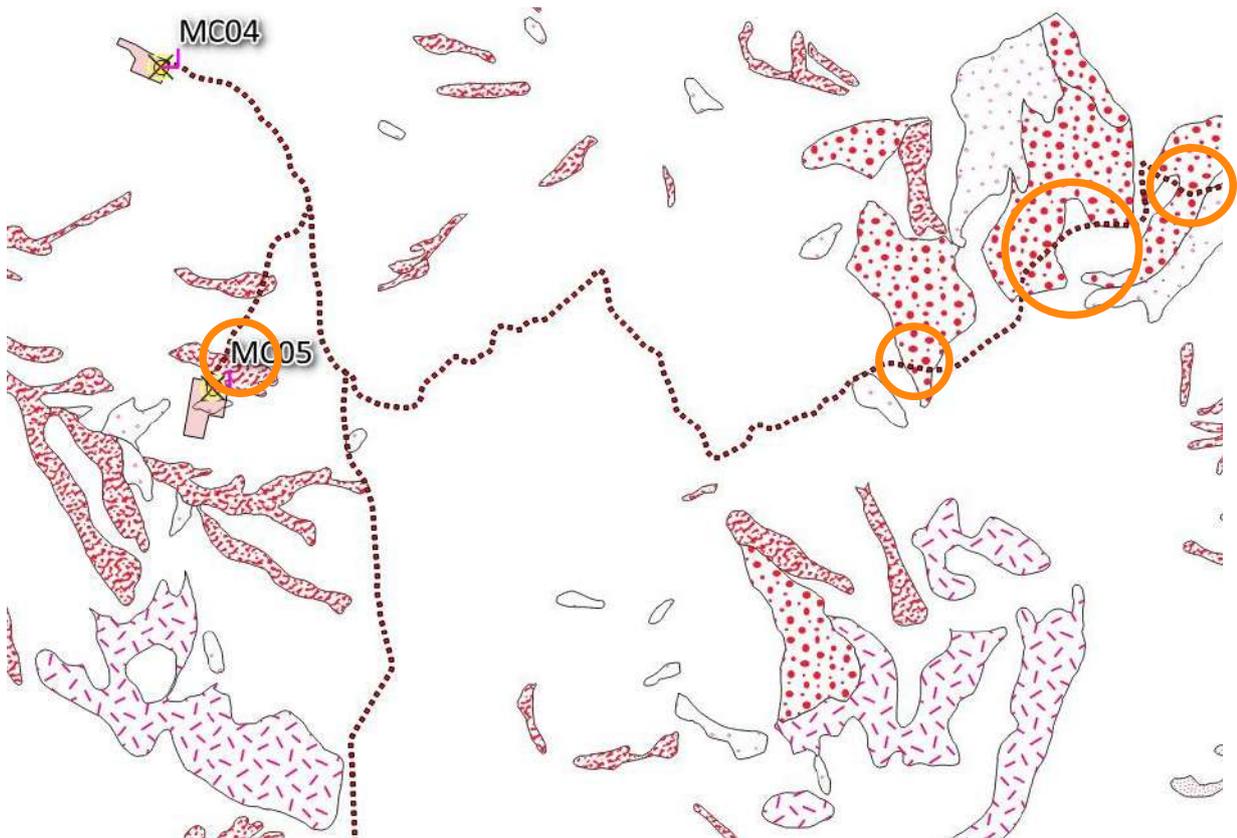
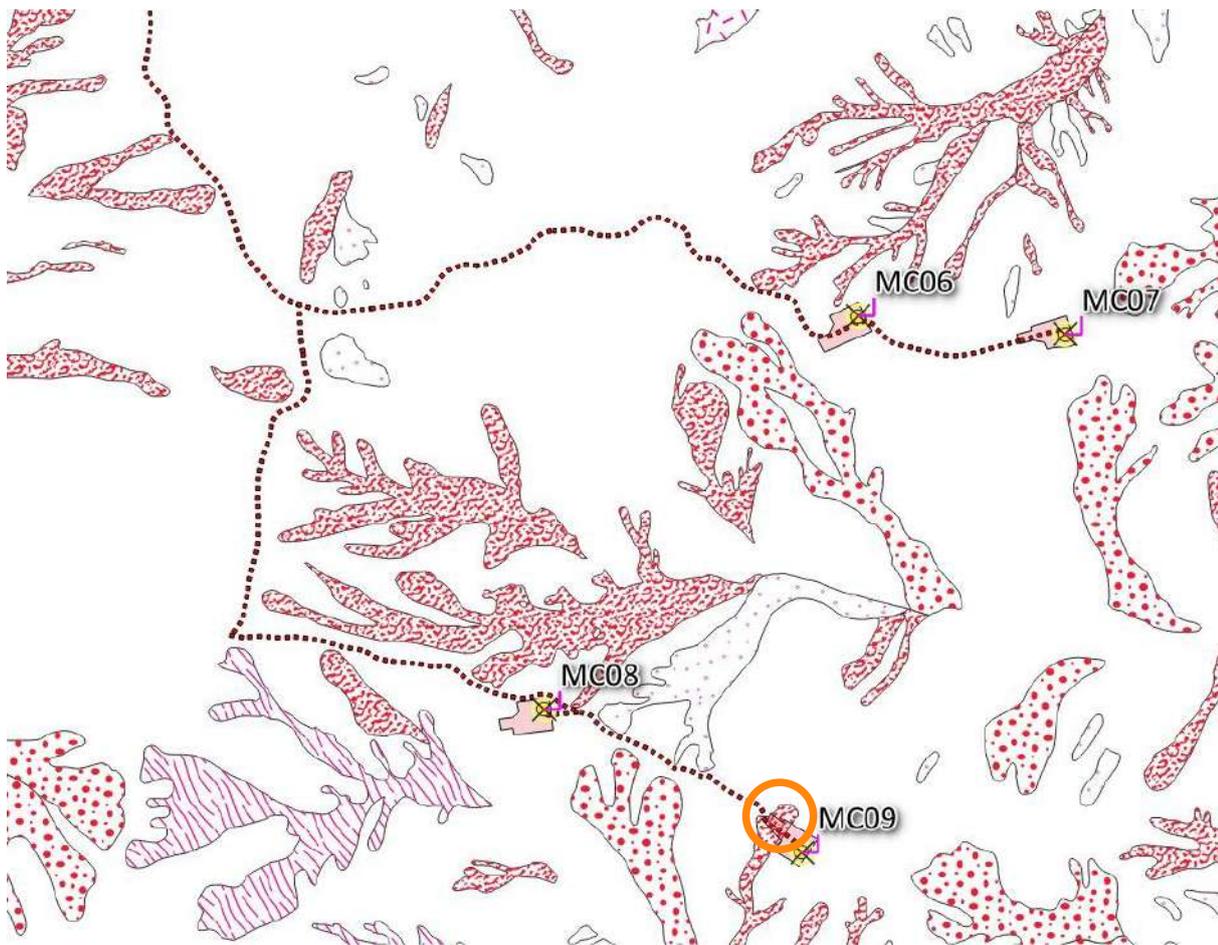


Fig.33 – Interferenza Cavidotto / dissesti attivi



*Fig.34 – Interferenza Cavidotto / dissesti attivi*

## 14. CONCLUSIONI

La **Emilia Prime s.r.l.** intende realizzare il **nuovo parco eolico “Emilia”** costituito da **n°9 aerogeneratori** da realizzarsi interamente nei territori comunali di Monterenzio, Casalfiumanese, Castel Del Rio e Castel San Pietro.

Sono state effettuate delle indagini per l'inquadrimento stratigrafico-geotecnico-sismico generale dei siti di interesse; **i risultati hanno messo in evidenza la presenza del basamento geologico di varia natura ricoperto da una coltre colluviale di spessore variabile.**

Infine data la morfologia del sito, dovranno essere effettuati movimenti terra e pertanto il progetto prevede di:

- curare la **regimazione delle acque superficiali** mediante la realizzazione di canali e fossi di guardia;
- utilizzare **materiali con buone caratteristiche geotecniche** (materiale arido tipo A1, A2-4, A2-5, A3) per la realizzazione di strade e piazzole, mediante miscelazione con i terreni ottenuti dagli sbancamenti;
- prevedere, laddove necessario, **il contenimento dei rilevati mediante la realizzazione di gabbionate o terre armate**, opportunamente fondate.
- Prevedere opere di consolidamento di aree in frana interessate dalla viabilità di progetto

La natura geologico-tessiturale dei terreni della zona determina una **bassa capacità di infiltrazione delle acque meteoriche** all'interno della coltre colluviale; variazioni di permeabilità date dalla presenza di livelli meno permeabili dà origini a modeste scaturigini nella zona più basse in quota.

**Tuttavia, è possibile affermare che la circolazione idrica sotterranea non risulta sviluppata e le opere da realizzare non andranno ad intercettare falde freatiche.**

Le valutazioni definitive sulle caratteristiche idrologiche dei siti di installazioni degli aerogeneratori verranno valutate durante l'esecuzione delle indagini geognostiche, da effettuarsi in sede di progettazione esecutiva.

Da quanto esposto, **è possibile concludere che le caratteristiche morfologiche e geologiche del sito individuato per l'installazione di aerogeneratori, ovvero per la produzione di energia eolica, si prestano per la realizzazione di tale opera** in quanto:

- *gli spessori della coltre colluviale risultano variabili ma con buone caratteristiche geotecniche mentre il basamento geologico presenta buone caratteristiche geotecniche;*
- *le opere tutte non andranno a modificare in maniera significativa il regime delle acque superficiali né tanto meno quello profondo.*

IL GEOLOGO

dott. Pier Luigi Anasparri



Ascoli Piceno, Gennaio 2024

**RISULTATO DELLE INDAGINI EFFETTUATE**

## COMUNE DI MONTERENZIO

PROVINCIA DI BOLOGNA

### REPORT DI PROVA RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

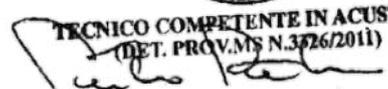
**Committente:** GE.CO.D'OR. S.R.L.

Parma, 28.06.2023

Il geologo  
Dott. Paolo Paolini



TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA  
(DET. PROV. MS N. 3726/2011)



## **Sommario**

1. PREMESSA.....	3
2. PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA: Metodo MASW .....	4
2.1 MASW 1 .....	6
2.2 MASW 2 .....	9
2.3 MASW 3 .....	12
3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICA (DPSH).....	15
3.1 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 1.....	16
3.2 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 2.....	17
3.3 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 3.....	18

### Allegati:

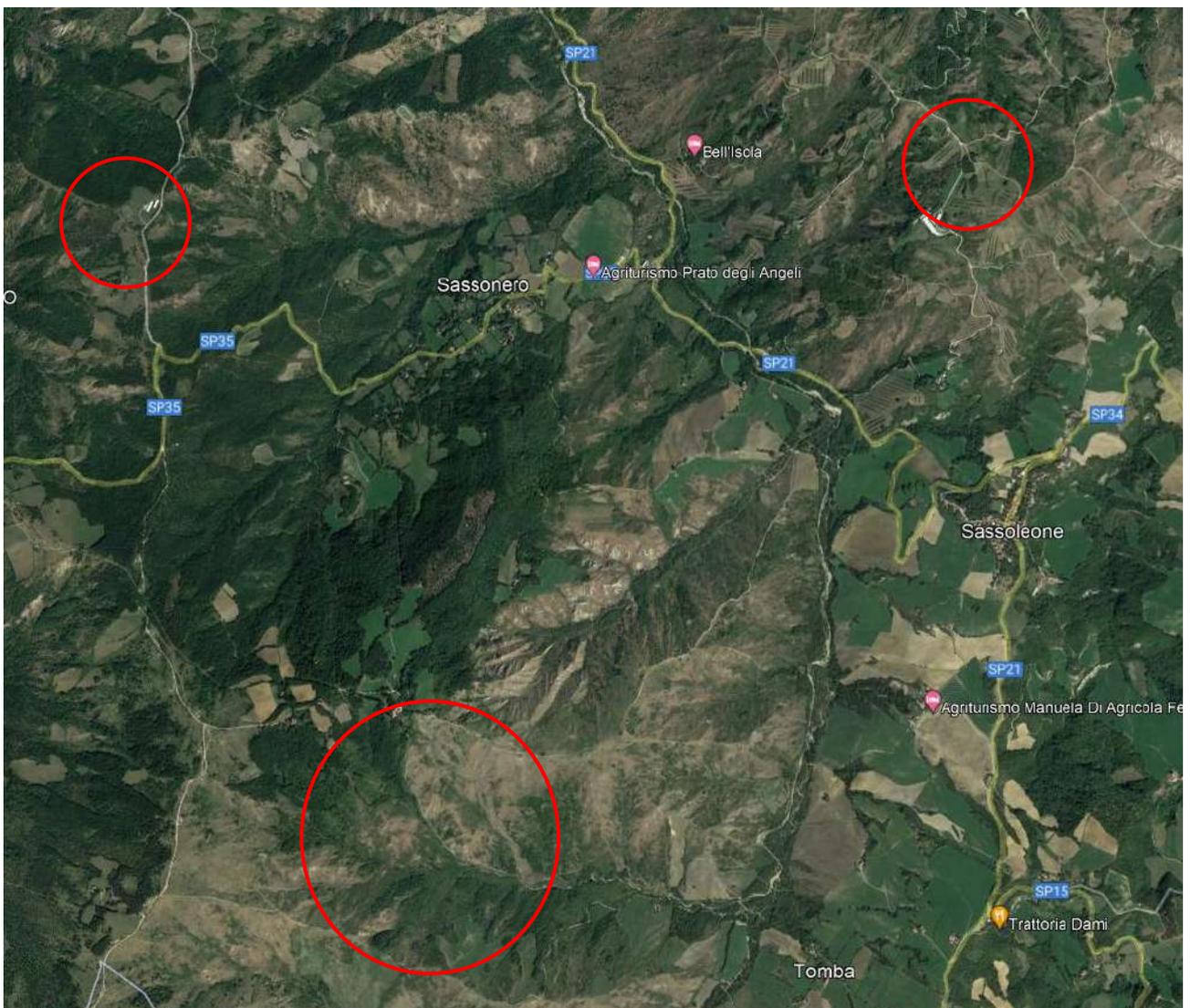
- 1- Ubicazione delle prove geognostiche
- 2- Documentazione fotografiche

## 1. PREMESSA

Su incarico del committente - in data 16.06.2023- è stata svolta una campagna di indagini geognostiche in prossimità di tre lotti di terreno dislocati nell'Appennino Bolognese (Comune di Monterenzio-BO) nell'ambito del progetto "Parco Eolico Emilia".

Nel dettaglio le indagini geognostiche sono consistite in:

- Esecuzione di n. 3 prova penetrometrica dinamica DPSH;
- Esecuzione di n. 3 prospezione sismica MASW.



**Figura 1 - Inquadramento satellitare dell'area oggetto di studio**

Per quanto concerne l'ubicazione delle prove, si è fatto riferimento alle indicazioni forniteci dalla committenza e in base all'analisi dello stato dei luoghi. Si riporta in Allegato 1 l'ubicazione delle prove.

## 2. PROSPEZIONE SISMICA ATTIVA: Metodo MASW

Il metodo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

### STRUMENTAZIONE E CONFIGURAZIONE GEOMETRICA UTILIZZATA

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione MASW è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. A6000S/E, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.002 sec e 0.00005 sec;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time break);
- filtri 'High Pass' e 'Band Reject';
- "Automatic Gain Control";
- convertitore A/D a 24 bit;
- ricevitori: n. 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi di lunghezza 60 m;
- sorgente impulsiva: mazza battente da 10 kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico "punto di scoppio-geofoni".

Nella presente indagine geofisica è stato utilizzato il seguente set-up:

- n. 24 geofoni con spaziatura di 1,0 metri (lunghezza totale stendimento: 29 m);
- passo di campionatura pari a 1000 Hz con lunghezza delle tracce sismiche pari a 2,048 sec;
- punto di "shot" a 5 m.

**BREVI CENNI NORMATIVI**

Si ricorda che la nuova normativa definisce l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. All'interno del territorio nazionale fino ad oggi sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità (*v. Allegato 1 ord. n° 3274 del 2003 e succ. modifiche*). La classificazione del suolo (*Tabella 2*) è invece convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

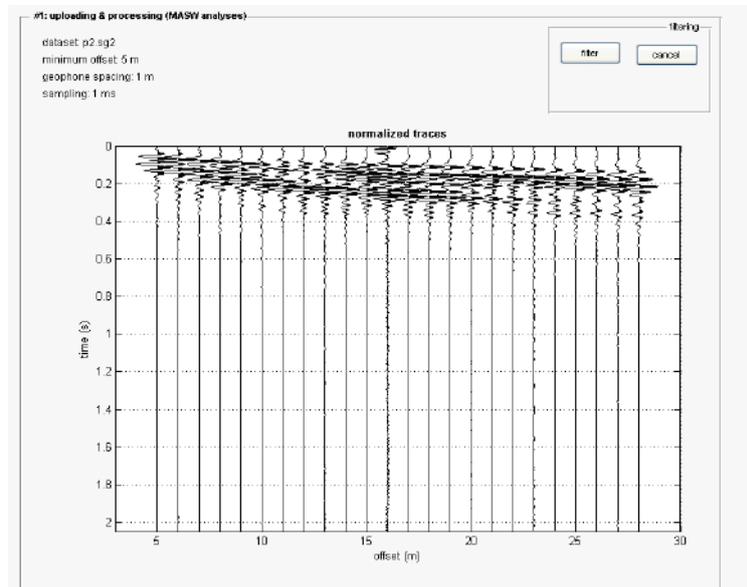
dove  $V_{S_i}$  e  $h_i$  sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello stato  $i$ -esimo.

**Tabella 1 – Classificazione del tipo di suolo secondo le “Nuove norme tecniche per le costruzioni” D.M. 17/01/2018,**

**Tab 3.2.II (categorie di suolo)**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Vs30 (m/sec)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	>800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	360-800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	180-360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.	100-180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

## 2.1 MASW 1



**Figura 2: Sismogramma esempio per acquisizione MASW**

Il primo passo nell'elaborazione prevede la definizione della curva di dispersione la quale gode di una certa "variabilità" giustificata nell'influenza sulle misure dalla distanza dei ricevitori, posizione della sorgente e il volume di terreno campionato. Il secondo passo consiste nell'inversione della curva di dispersione, al fine di individuare quale sia il profilo di rigidità che riproduce la curva sperimentale.

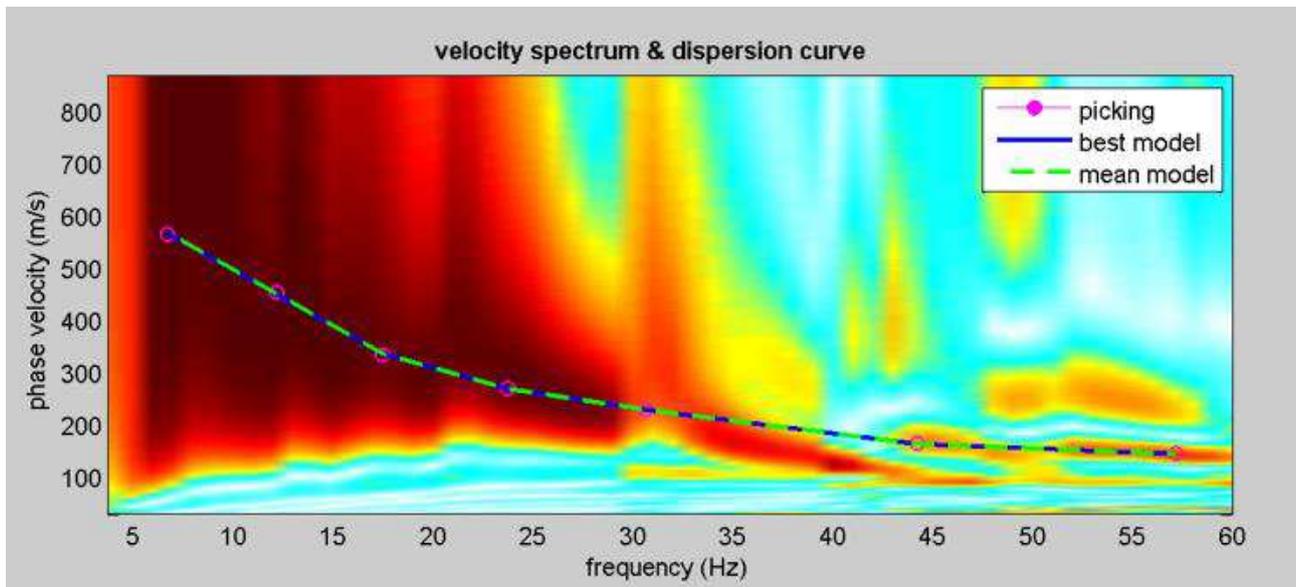
I modelli di analisi adoperati sono molteplici, mentre il metodo utilizzato per ottenere lo spettro delle velocità e l'inversione della curva di dispersione nel presente lavoro si basa sul metodo **phase shift**, utilizzando la tecnica di calcolo degli algoritmi genetici.

I profili sismici vengono eseguiti disponendo sul terreno una serie di sensori (geofoni), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente (sismica attiva), vibrazioni impulsive in corrispondenza di punti prestabiliti lungo i profili: nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (trigger). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e predeterminato, dei segnali ricevuti dai sensori. Tale tecnica ha soddisfatto pienamente la normativa sismica vigente, fornendo come di seguito descritto, un'ottima risoluzione nei primi 30 metri p.c. delle onde Vs ed ha raggiunto una profondità di indagine tale da individuare il bedrock-like. Su ognuna di tali acquisizioni è stata eseguita un'analisi  $\omega$ -p (trasformata  $\tau$ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l'energia associata alle onde

di Rayleigh. L'inversione della curva di dispersione con il metodo *phase shift* utilizzando la tecnica di calcolo degli algoritmi genetici.

Si riportano i grafici ad isolinee sui quali è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh (Fig. 3).



**Figura 3: MASW 1-Grafici ad Isolinee nel dominio velocità di fase – frequenza.**

#### **Analisi curva di dispersione:**

La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito.

Si riporta:

- 1) In Figura 4: il confronto tra la curva di dispersione sperimentale modello migliore (celeste) e modello medio (rosso),
- 2) In Figura 5: il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.

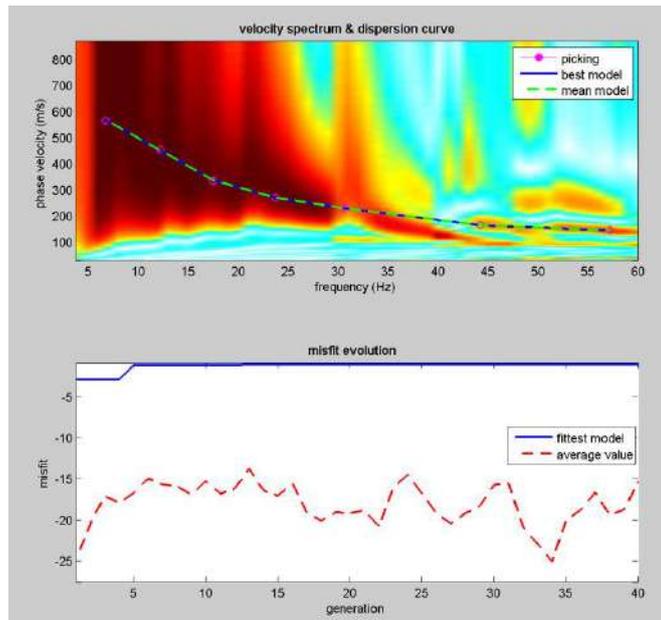


Figura 4: Confronto tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

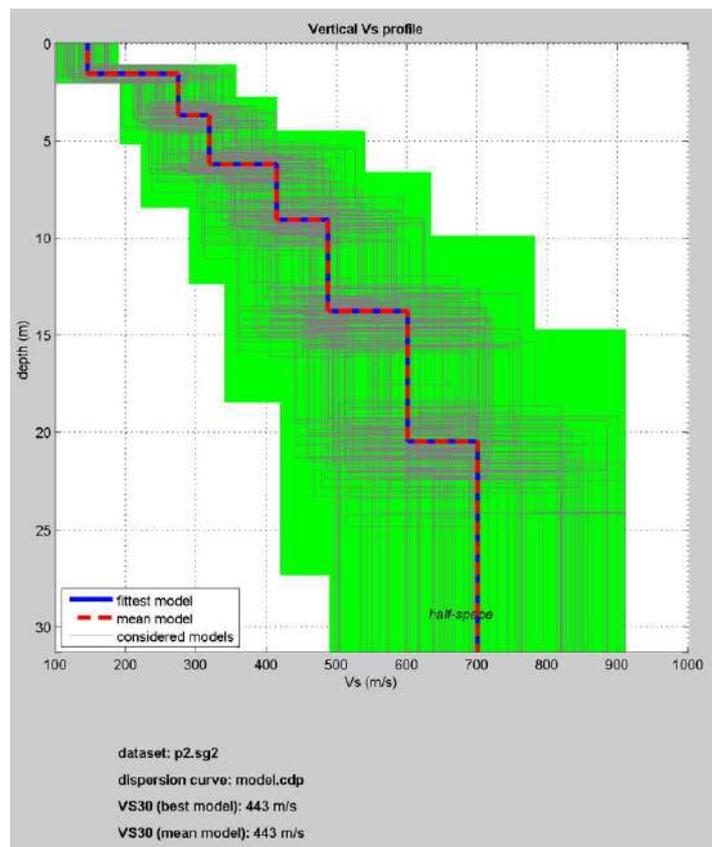


Figura 5: Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame.

A questo punto, alla luce dei dati riportati in Tabella 1 ed in base a quanto previsto dall'art. 3.2.2 NTC 2018 (*“Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, ...”*), si è calcolato il valore di Vs30 a partire dal piano campagna:

Prospezione MASW

**$V_{s30} = 443$  m/sec (da p.c. a -30 m)**

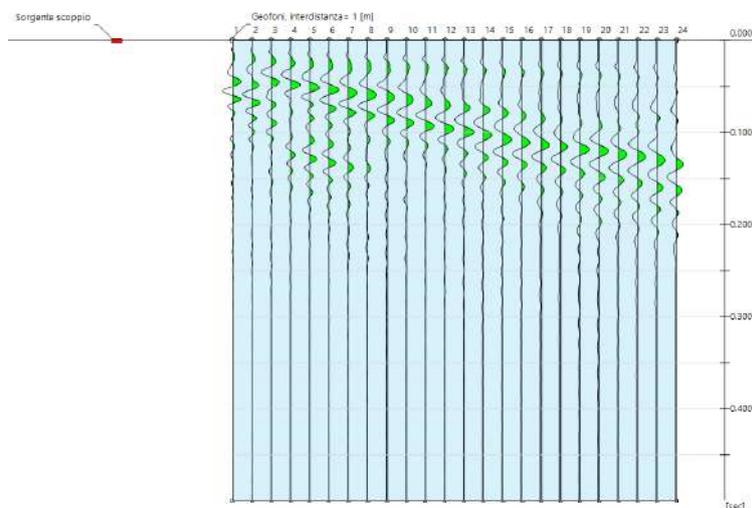
Da cui si evince che il valore scaturito corrisponde alla **categoria del suolo di fondazione di tipo B** “*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s..*” [Tab. 3.2.II - NTC 2018]

## 2.2 MASW 2

### ELABORAZIONE DATI

L’analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- **la prima fase** prevede la trasformazione delle serie temporali (Figura 6) nel dominio frequenza  $f -$  numero d’onda  $K$ ;



**Figura 2 - Sismogramma “MASW 2 – Appennino Bolognese”**

- la **seconda fase** consiste nella individuazione delle coppie f-k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano Vfase (m/sec) – lentezza (s/m) – frequenza (Hz) (Figura 7).

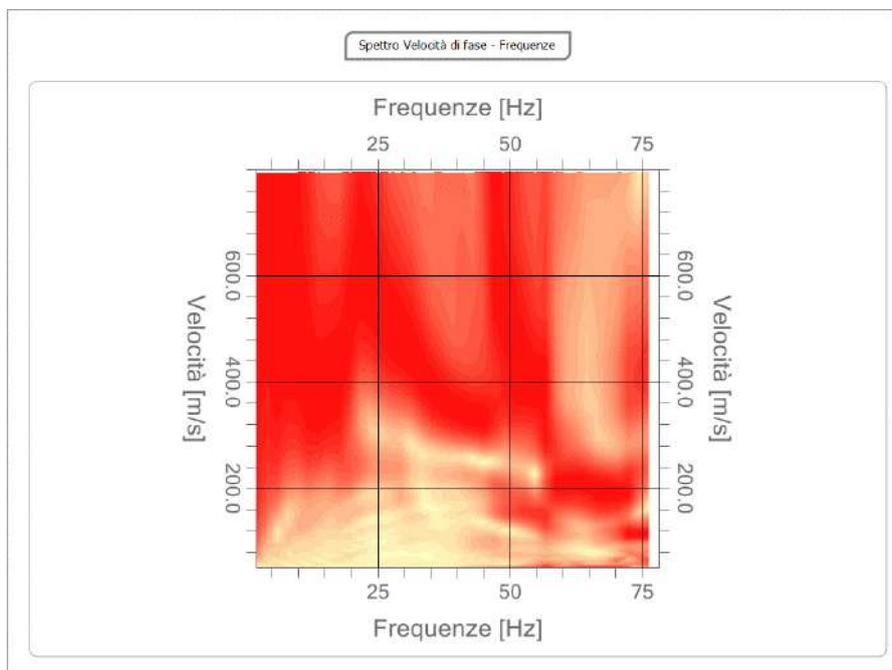


Figura 3 - Spettro velocità di fase – frequenza

- la **terza fase** consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp, la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (Figura 8);

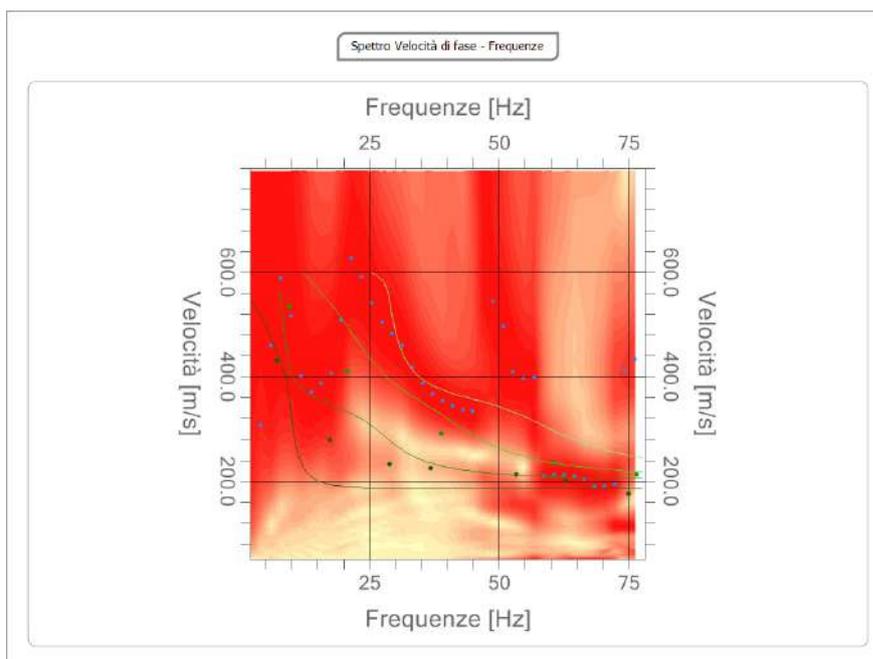
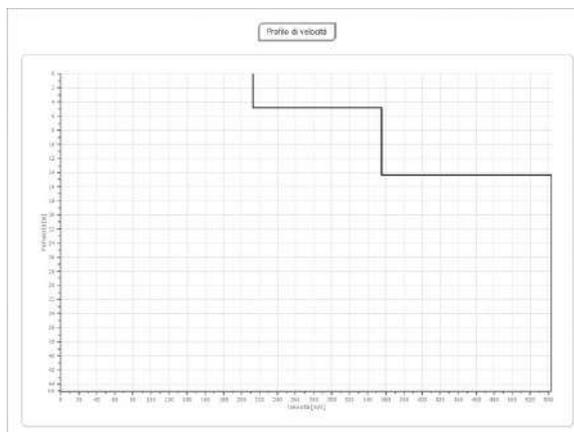


Figura 4 - Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase apparente /frequenza e Lentezza/frequenza con individuazione dei massimi, delle curve sperimentali e del picking

- **quarta fase** consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo (Figura 9)



**Figura 5 - Profilo di velocità calcolato**

**RISULTATI DELLA PROVA**

Al fine di definire i principali sismostrati ed i relativi parametri di velocità sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW unitamente alle stratigrafie pubblicate sui Piano di Governo del Territorio PGT; da tale analisi ed elaborazione si sono ottenuti i seguenti risultati:

**Tabella 2 - Definizione dei principali sismostrati e delle relative velocità delle Vs**

	Risultati elaborazione			
Strato	Prof.		Spessore	Vel
	da	a	m	m/sec
<b>Strato 1</b>	0,00	4.79	4.79	<b>212</b>
<b>Strato 2</b>	4.79	14.39	9.59	<b>355</b>
<b>Strato 3</b>	14.39	30,00	15.61	<b>543</b>

Percentage of error 0.518% Mismatch value 0.084

A questo punto, alla luce dei dati riportati in Tabella 1 ed in base a quanto previsto dall’art. 3.2.2 NTC 2018 (“Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, ...”), si è calcolato il valore di Vs30 a partire dal piano campagna:

Prospezione MASW **Vs30= 383 m/sec (da p.c. a -30 m)**

Da cui si evince che il valore scaturito corrisponde alla **categoria del suolo di fondazione di tipo B** “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s..” [Tab. 3.2.II - NTC 2018]

### 2.3 MASW 3

#### ELABORAZIONE DATI

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi:

- la **prima fase** prevede la trasformazione delle serie temporali (Figura 10) nel dominio frequenza  $f$  – numero d'onda  $K$ ;

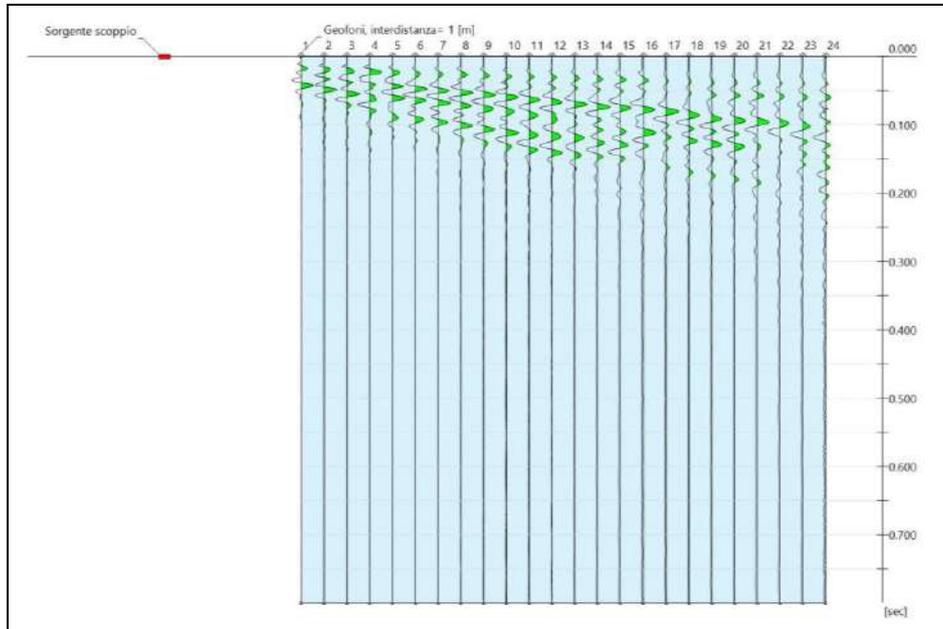


Figura 6 - Sismogramma "Ca Signori"

- la **seconda fase** consiste nella individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz) (Figura 11).

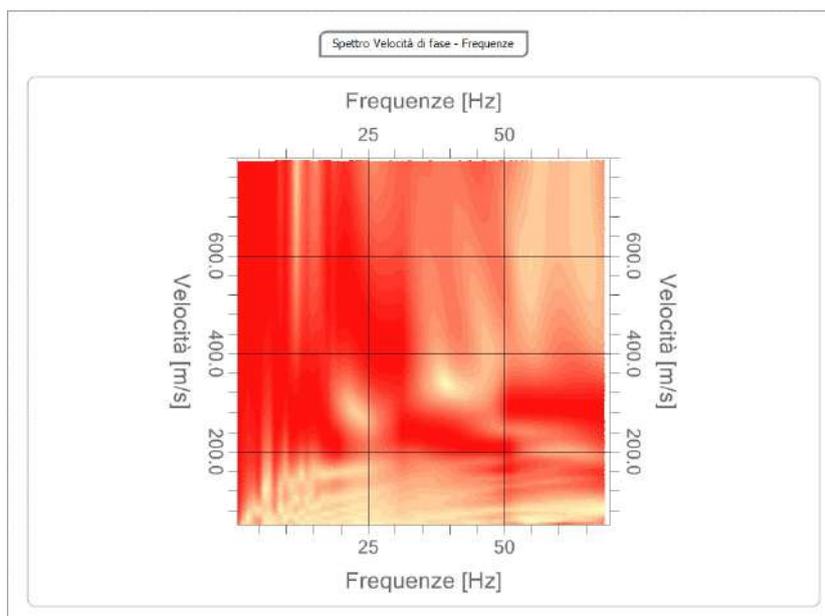


Figura 7 - Spettro velocità di fase – frequenza

- **la terza fase** consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$ , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (Figura 12);

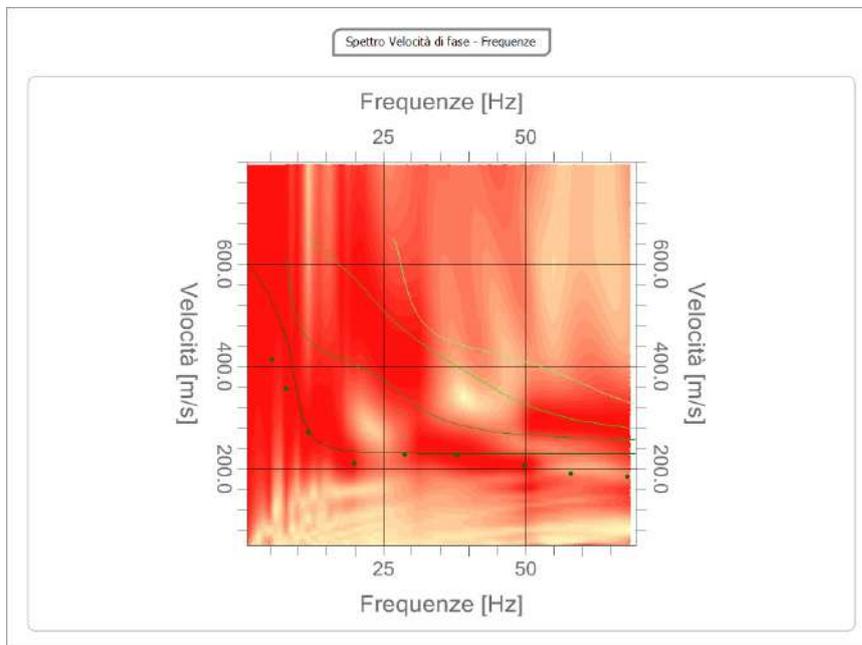


Figura 8 - Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase apparente /frequenza e Lentezza/frequenza con individuazione dei massimi, delle curve sperimentali e del picking

- **quarta fase** consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo (Figura 13)

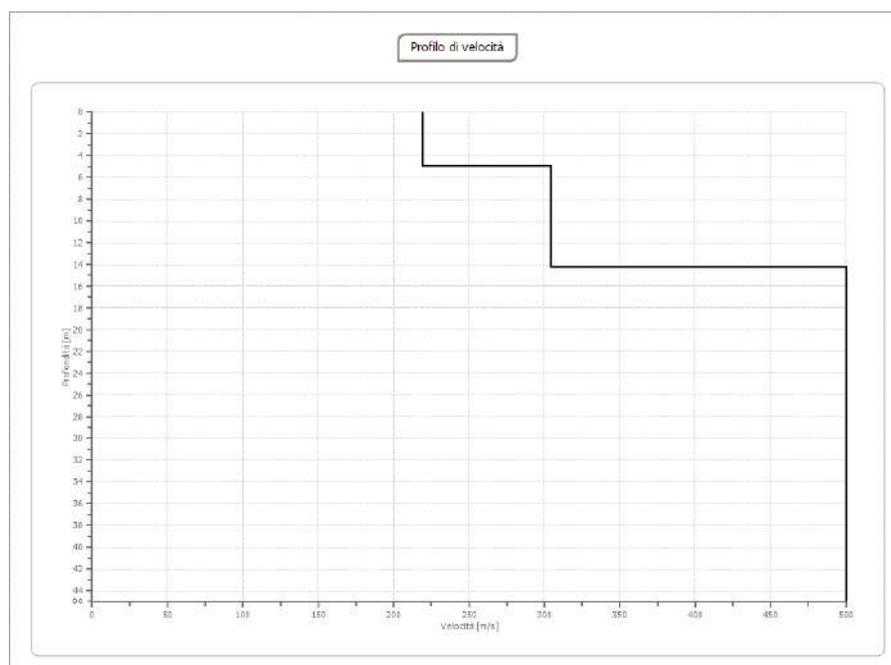


Figura 9 - Profilo di velocità calcolato

**RISULTATI DELLA PROVA**

Al fine di definire i principali sismostrati ed i relativi parametri di velocità sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW unitamente alle stratigrafie pubblicate sui Piano di Governo del Territorio PGT; da tale analisi ed elaborazione si sono ottenuti i seguenti risultati:

**Tabella 3 - Definizione dei principali sismostrati e delle relative velocità delle Vs**

<b>Risultati elaborazione</b>				
Strato	Prof.		Spessore	Vel
	da	a		
<b>Strato 1</b>	0,00	5,00	5,00	<b>219</b>
<b>Strato 2</b>	5,00	14,29	9,29	<b>304</b>
<b>Strato 3</b>	14,29	30,00	15,71	<b>501</b>

Percentage of error 0.239%

Mismatch value 0.061

A questo punto, alla luce dei dati riportati in Tabella 1 ed in base a quanto previsto dall'art. 3.2.2 NTC 2018 ("Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, ...."), si è calcolato il valore di Vs30 a partire dal piano campagna:

Prospezione MASW

**V<sub>s30</sub> = 354 m/sec (da p.c. a -30 m)**

Da cui si evince che il valore scaturito corrisponde alla **categoria del suolo di fondazione di tipo C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s." [Tab. 3.2.II - NTC 2018]

### 3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICA (DPSH)

Come anticipato in premessa sono state inoltre eseguite n. 3 prove di resistenza alla penetrazione mediante penetrometro superpesante “DPSH Meardi” le cui caratteristiche vengono di seguito descritte:

W	H	A	D	Wa	Wc
73.0	75.0	60.0	51.0	7.0	55.0

W = peso del maglio (Kg)

H = altezza di caduta (cm)

A = Angolo d'apertura del cono (°)

D = Diametro di base del cono (mm)

Wa = peso delle aste (Kg/m)

Wc = peso della cuffia (Kg)

Passo delle misure = 30.00 cm.

Profondità iniziale della prova = 0.3 m.

La prova consiste nell'infissione nel terreno una punta conica collegata ad una batteria di aste tramite una massa battente e misurando, ogni 30 cm, il numero di colpi N necessari all'avanzamento. L'elaborazione dei dati, l'interpretazione e la visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette a sua volta di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e sulla caratterizzazione stratigrafica locale.

L'ubicazione delle prove è riportata dettagliatamente in allegato.

**3.1 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 1**

PROVA PENETROMETRICA n. 1

VALORI DI N

z (m)	N	N60	Nc
0,3	6	5	10
0,6	3	2	4
0,9	7	5	10
1,2	6	5	10
1,5	15	11	22
1,8	26	20	36
2,1	23	17	28
2,4	20	15	23
2,7	16	12	17
3,0	39	29	39
3,3	45	34	43
3,6	100	75	91

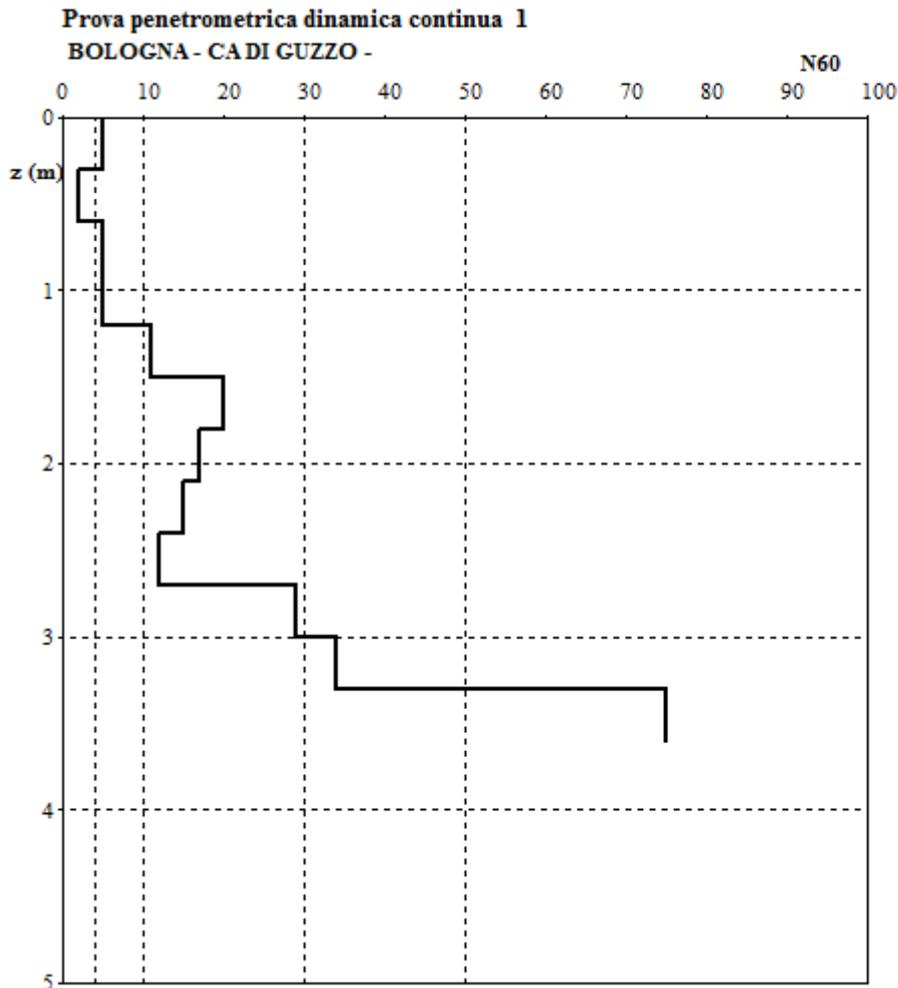
z = profondità

N = numero colpi originale

N60 = numero colpi standardizzato

Nc = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica

Nr = numero colpi del rivestimento



**3.2 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 2**

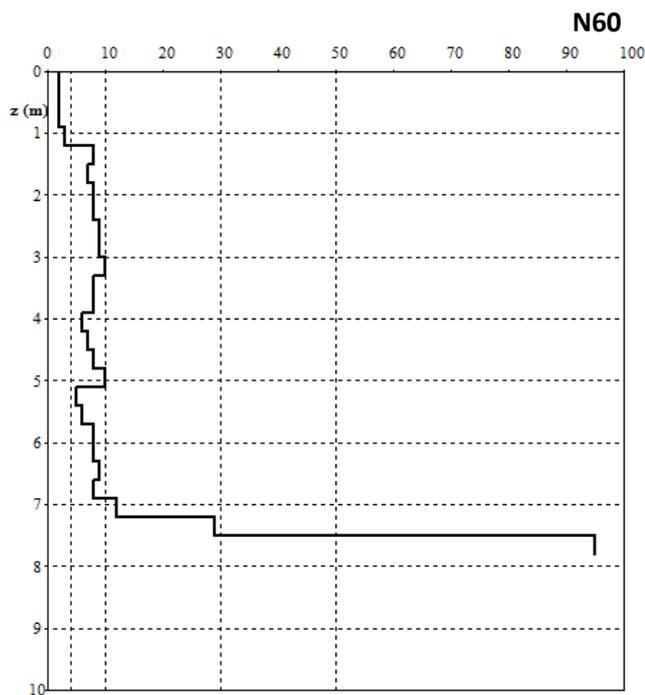
PROVA PENETROMETRICA n. 2

VALORI DI N

z (m)	N	N60	Nc
0,3	2	2	4
0,6	2	2	4
0,9	3	2	4
1,2	4	3	6
1,5	10	8	16
1,8	9	7	13
2,1	11	8	13
2,4	10	8	13
2,7	12	9	13
3,0	12	9	13
3,3	13	10	13
3,6	11	8	10
3,9	11	8	10
4,2	7	6	7
4,5	8	7	8
4,8	9	8	9
5,1	12	10	11
5,4	6	5	5
5,7	7	6	6
6,0	9	8	8
6,3	8	8	8
6,6	9	9	8
6,9	8	8	7
7,2	13	12	11
7,5	31	29	25
7,8	100	95	81

z = profondità    N = numero colpi originale    N60 = numero colpi standardizzato  
 Nc = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica    Nr = numero colpi del rivestimento

**Prova penetrometrica dinamica continua n.2**



**3.3 RISULTATI DELLA PROVA PENETROMETRICA DIMANICA DPSH 3**

## PROVA PENETROMETRICA n. 3

## VALORI DI N

z (m)	N	N60	Nc
0,3	1	1	2
0,6	5	4	8
0,9	5	4	8
1,2	8	6	12
1,5	7	5	10
1,8	7	5	9
2,1	8	6	10
2,4	16	12	19
2,7	27	20	29
3,0	15	11	15
3,3	16	12	16
3,6	13	10	13
3,9	18	14	17
4,2	13	11	13
4,5	100	85	94

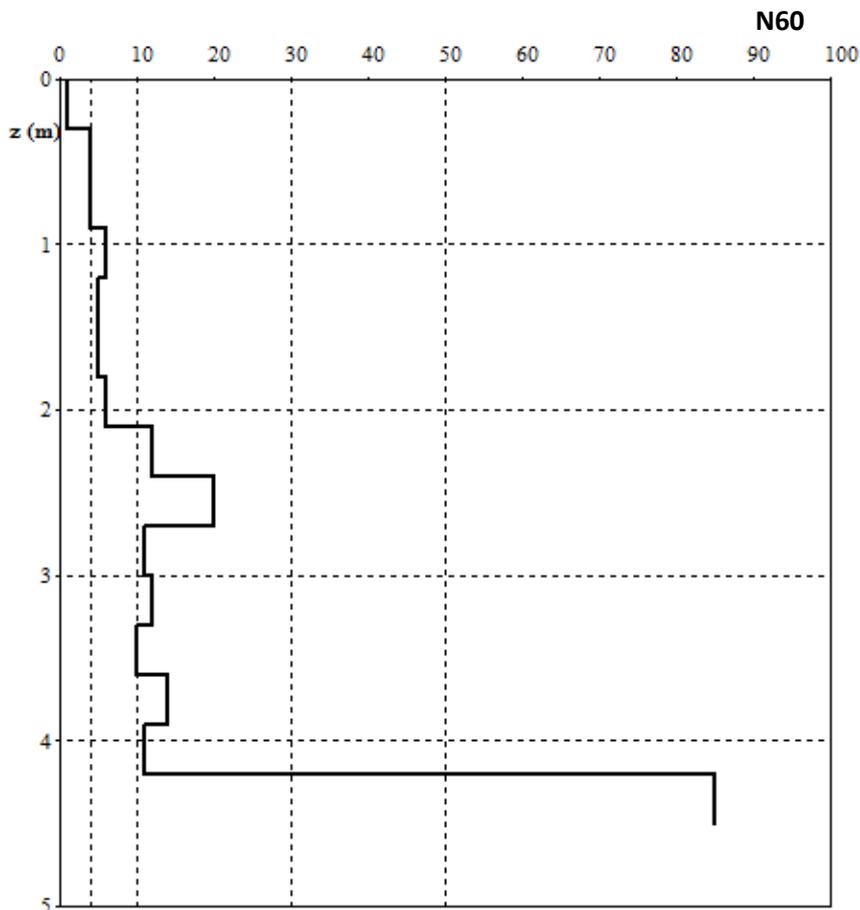
z = profondità

N = numero colpi originale

N60 = numero colpi standardizzato

Nc = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica

Nr = numero colpi del rivestimento

**Prova penetrometrica dinamica continua n.3**

**ALLEGATI**

# TAVOLA I

# UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

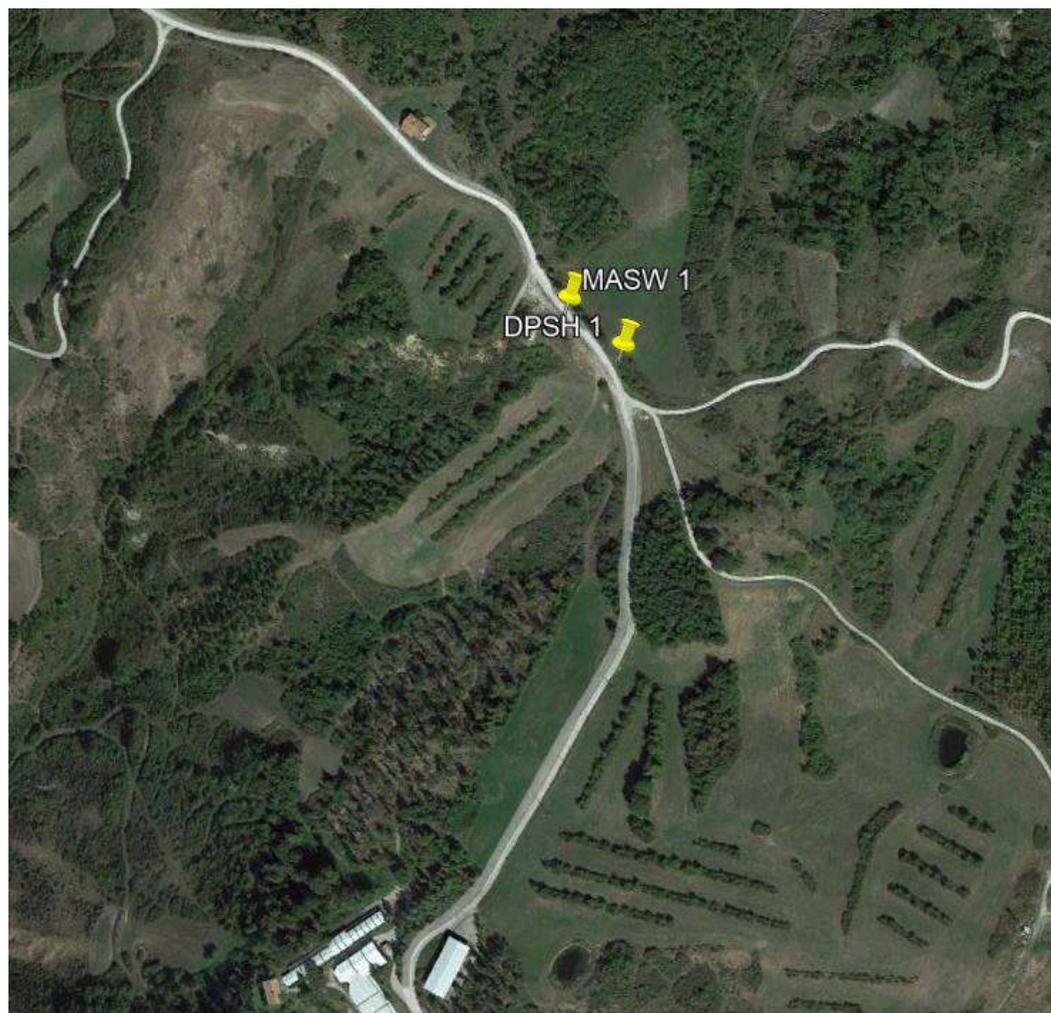
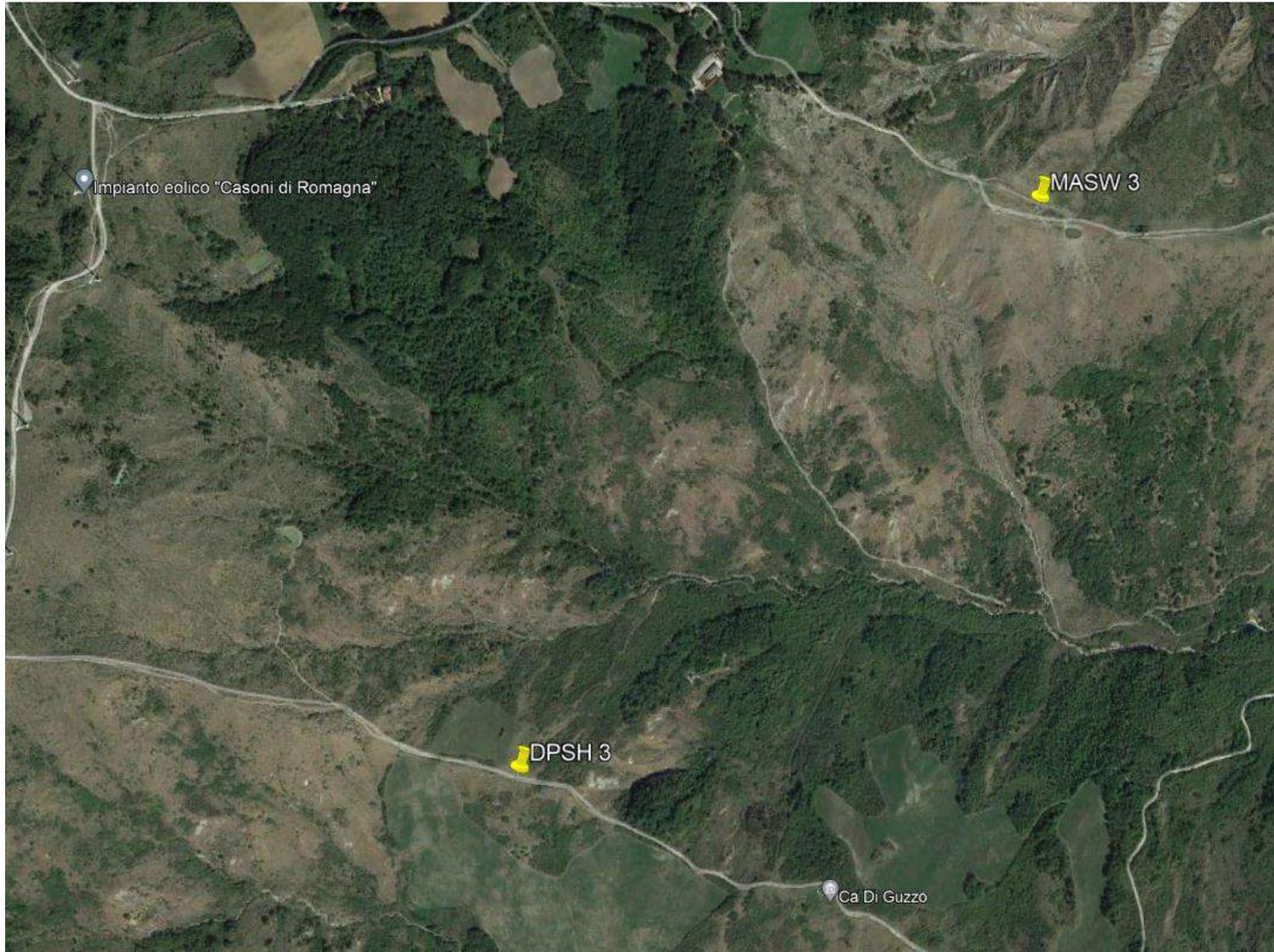


Figura 1 - Lotto 1



Figura 2 - Lotto 2



**Figura 3 - Lotto 3**

## TAVOLA II

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 4 - MASW 1



Figura 5 - DPSH 1



**Figura 6 - MASW 2**



**Figura 7 - DPSH 2**



Figura 8 - MASW 3



Figura 9 - DPSH 3