



REGIONE
MOLISE



PROVINCIA DI
CAMPOBASSO



COMUNE DI
SANTA CROCE DI
MAGLIANO



COMUNE DI
ROTELLO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 7.0 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 63 MW SITO NEL COMUNE DI SANTA CROCE DI MAGLIANO (CB) E ROTELLO (CB) CON OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI ROTELLO (CB)



Proponente



OCEANO RINNOVABILI S.R.L.

Largo Augusto n.3
20122 Milano
pec: oceanorinnovabili@legalmail.it

Progettazione



Viale Michelangelo, 71
80129 Napoli
TEL. 081 579 7998
mail: tecnico@inesrli.it

Amm. Francesco Di Maso
Ing. Nicola Galdiero
Ing. Pasquale Esposito

Collaboratori:
Geol. V.E. Iervolino
Dott. Agr. A. Ianiro
Archeol. A. Vella
Studio Rinnovabili srl
Arch. C. Gaudiero
Ing. F. Quarto
Ing. R. D'Onofrio
Ing. R. M. De Lucia
Geom. A. Bove

Elaborato

Nome Elaborato:

Relazione Geologica, di Caratterizzazione Geotecnica e Sismica

00	Luglio 2024	PRIMA EMISSIONE	INSE Srl	INSE Srl	Oceano Rinnovabili s.r.l.
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:					
Formato:	Codice Pratica	S334	Codice Elaborato	CS323-GEO01.R	

Sommario

1	Premessa	1
2	Inquadramento Territoriale	2
3	Inquadramento geologico-strutturale	4
4	Geologia e geomorfologia dell'area di intervento	8
5	Idrogeologia.....	13
6	Pericolosità idro-geomorfologica	16
7	Successione litostratigrafica e caratteristiche geotecniche dei terreni.....	17
8	Sismicità dell'area e pericolosità sismica	18
9	Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche.....	26

ALLEGATI

- CS334-GEO02-D: Carta geolitologica;
- CS334-GEO03-D: Carta idrogeomorfologica;
- CS334-GEO04-D: Carta geomorfologica;
- CS334-GEO05-D: Carta della pericolosità da frana;
- CS334-GEO06-D: Carta della pericolosità idraulica.

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceano rinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

1 Premessa

La società Oceano Rinnovabili Srl, è proponente di un progetto di produzione di energia rinnovabile da fonte eolica ubicato nei Comuni di Santa Croce di Magliano (CB) e Rotello (CB) in provincia di Campobasso con annesso opere di connessione nel comune di Rotello (CB).

L'ipotesi progettuale prevede l'installazione di n° 9 aerogeneratori della potenza nominale di 7,0 MW per una potenza complessiva di impianto pari a 63 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati tra loro attraverso cavidotti interrati a 36 kV che congiungeranno il parco eolico ad una cabina utente 36 kV di smistamento e sezionamento e da questa al futuro ampliamento 36 kV della SE 380/150 kV esistente di Rotello (CB), che rappresenta il punto di connessione dell'impianto alla RTN.

Lo scrivente¹ in qualità di geologo iscritto all'ordine della Regione Campania con numero 2392 ha ricevuto l'incarico di redigere la *"Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica"* a corredo e completamento del progetto come richiesto dalla normativa vigente in materia.

Tanto premesso, il presente lavoro è stato articolato secondo il seguente *iter* metodologico:

- ✓ consultazione delle fonti bibliografiche inerenti alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche dell'area di intervento e di un suo intorno significativo:
 - Carta Topografica IGM 1:25.000;
 - Carta Geologica d'Italia 1:100000 – Foglio n° 155 "SAN SEVERO";
 - Pericolosità da Frana e Pericolosità Idraulica del PAI;
 - Inventario Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
 - Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (INGV, Mappa di pericolosità sismica, 2019);
 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI v3.0 dal 1000 al 2019 – (2021);(Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A. 2021);
 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0 Ist. Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV);
 - Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane (DISS) (INGV, Database of Individual Seismogenic Sources, 2021).
- ✓ rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio esteso all'ambito morfologico significativo espletato con l'ausilio di drone;
- ✓ consultazione e riproduzione di stralci della cartografia tematica inerente all'assetto geologico,

¹ Geol. Vittorio Emanuele Iervolino, via Trofa, 800044 Ottaviano (NA)

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceano rinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

geomorfologico ed idrogeologico della zona;

- ✓ raccolta ed interpretazione di indagini geognostiche in situ (prove penetrometriche dinamiche e prospezioni sismiche) effettuate nelle zone limitrofe a quelle di intervento e in contesti geologico-geomorfologici simili;
- ✓ caratterizzazione geotecnica indicativa dei terreni di fondazione sulla base dei dati raccolti da indagini pregresse di cui al punto precedente;
- ✓ caratterizzazione indicativa dei terreni in prospettiva sismica sulla scorta dei dati di prospezione sismica raccolti;
- ✓ determinazione indicativa della categoria di sottosuolo e di quella topografica di cui al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018 (D.M. 17.01.2018);

2 Inquadramento Territoriale

L'ambito territoriale di intervento si trova nella porzione più orientale della Regione Molise, al confine con la Regione Puglia. I comuni interessati dal progetto sono il Comune di Santa Croce di Magliano (CB) e Rotello (CB) sia per quanto concerne l'impianto eolico sia per la connessione alla RTN.

L'area vasta, che è individuata su cartografia come l'involuppo delle distanze dagli aerogeneratori di ampiezza pari a 50 Hmax, è ampia 10 km e comprende invece altri Comuni che sono interessati prevalentemente da impatti di tipo visivo. In particolare, i comuni ricadenti in regione Molise sono Santa Croce di Magliano, Rotello, San Giuliano di Puglia, Colletorto, Bonefro, Montelongo, Montorio dei Frentani, Ururi e San Martino in Pensilis, mentre quelli ricadenti in Puglia sono i comuni di Serracapriola, San Paolo Civitate, Torremaggiore, Castelnuovo della Daunia, Casalvecchio di Puglia, Casalnuovo Monterotaro.

Il sito oggetto di intervento ricade nel foglio IGM serie 25 V numero 155-III-SE "Castello di Dragonara", 155-III-SO "santa Croce di Magliano" e 155-III-NO "Ururi" e si sviluppa tra quote comprese da 139 a 244 m s.l.m. Santa Croce di Magliano è situato su un territorio prevalentemente collinare, collocato a circa 608 m s.l.m. (fonte Istat) incastonato tra il fiume Fortore ed il Torrente Tona, la cui principale attività economica è caratterizzata dall'agricoltura. Le opere di connessione RTN sono localizzate in un'area agricola del comune di Rotello, in corrispondenza della SE esistente 380/150 kV "Rotello".

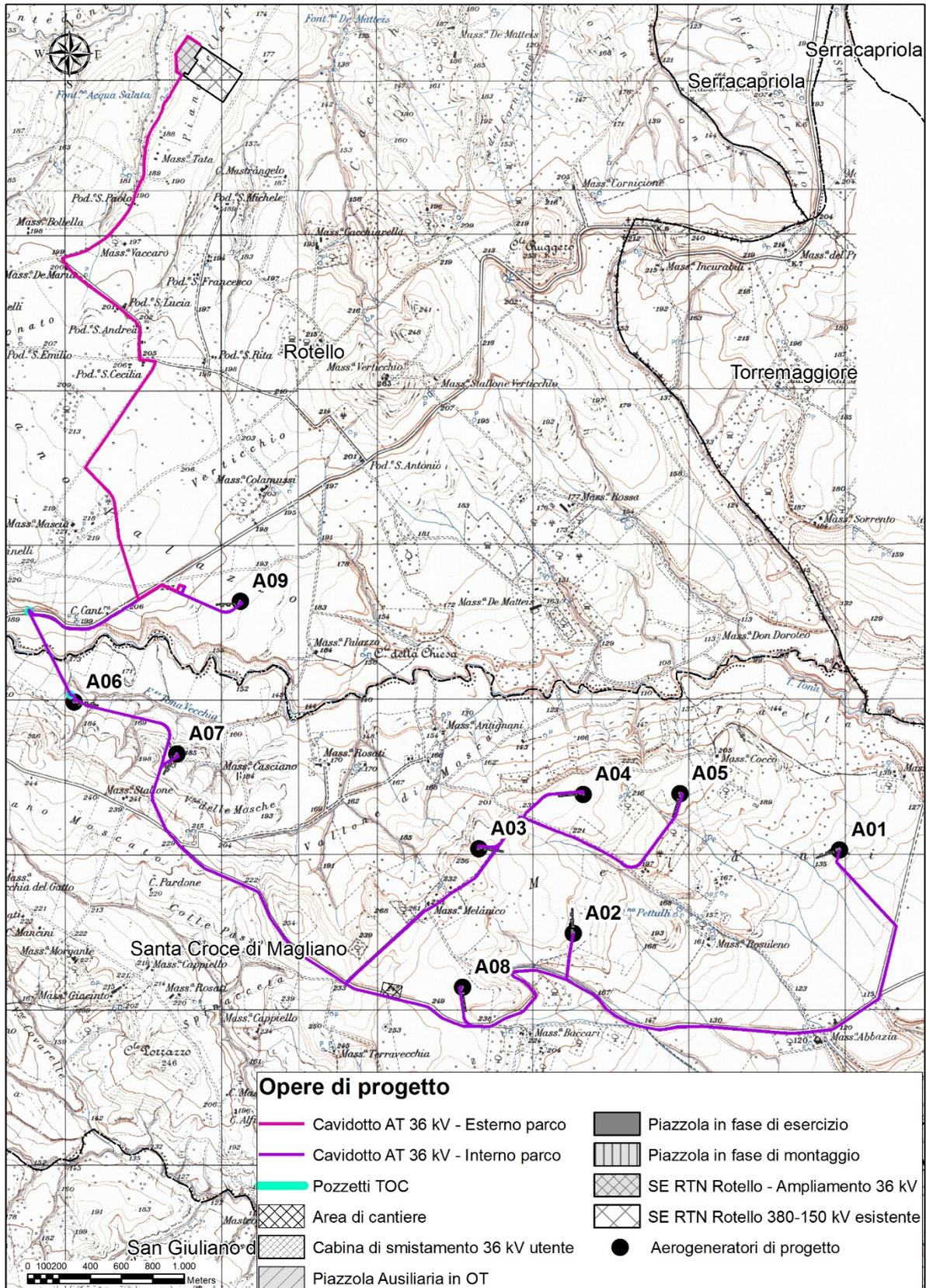


Figura 2.1: ubicazione impianto su base topografica in scala 1:25000 (IGM)

Gli aerogeneratori sono localizzati in terreni di proprietà di soggetti privati. Si riportano nella tabella 2.1 i riferimenti catastali delle aree interessate direttamente dalle fondazioni delle turbine eoliche e dalle Stazioni elettriche.

WTG	COMUNE	FOGLIO N.	PART. N.
A01	Santa Croce di Magliano	35	61
A02		31	19
A03		31	10-18
A04		31	41
A05		33	2
A06		15	14-15-52-53
		14	56
A07		15	80
A08		32	39
A09	Rotello	55	32

Tabella 2.1: Riferimenti catastali degli aerogeneratori

3 Inquadramento geologico-strutturale

L'assetto geologico del Molise a grande scala consta di due settori principali di catena: uno occidentale-meridionale, prevalentemente costituito da rilievi calcareo-dolomitici mesozoico-terziari in facies di piattaforma carbonatica e scarpata, l'altro (orientale) costituito da successioni bacinali e silico-clastiche mesozoico-terziarie che si raccordano verso est con i domini di avanfossa plio-quadernari della costa adriatica. In particolare le successioni riferibili alle Unità Molisane e alle Argille Varicolori si sono deposte in ambiente di mare profondo ed oggi affiorano lungo strutture costituite da falde complessamente embriate ed interessate da una tettonica polifasica (cfr. figura 3.1).

Le Unità Molisane sono costituite a loro volta da quattro unità tettoniche rappresentate, dall'interno verso l'esterno, dalle Unità di Frosolone, di Agnone, del Tufillo e della Daunia (Patacca et alii, 1990). L'Unità di Frosolone presenta una facies di transizione che può essere interpretata come un deposito di scarpata, sedimentato sulla rampa che raccordava il Bacino Molisano e la piattaforma carbonatica (Patacca et alii, 1992, Piattaforma Abruzzese-Campana Auct.), la cui deformazione ha dato luogo all'Unità del Matese. Le Unità di Agnone, Tufillo e Daunia sono invece costituite da depositi di bacino s.s. e presentano una facies via via con caratteristiche più distali passando dalle aree di sedimentazione interne verso quelle esterne (ovvero dall'Unità di Agnone a quelle della Daunia; Patacca et alii, 1992).

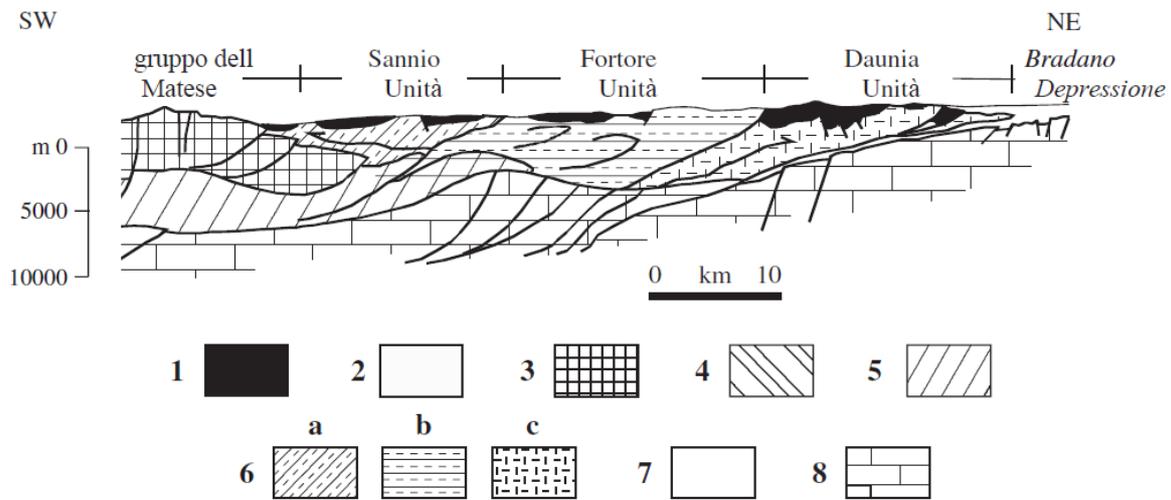


Figura 3.1 Sezione geologica schematica della catena appenninica del Sannio e della Daunia (Pescatore et al. 2000): (1) Unità pliomioceniche silico-clastiche; (2) Falde appenniniche interne (Complessi Liguride-Sicilide); (3) Unità della piattaforma appenninica; (4) Unità Lagonegrese-Molisana indifferenziata; (5) Sequenza inferiore delle unità lagronegresi-molisane; (6) Sequenza superiore delle unità lagronegresi-molisane (a: Unità del Sannio, b: Unità del Fortore, c: Unità della Daunia); (7) unità della depressione del Bradano; (8) Unità della piattaforma Apula.

A prescindere dalla collocazione stratigrafico-strutturale delle unità fin qui descritte, è possibile accorparle seguendo un criterio geolitologico ovvero tenendo conto soprattutto del loro grado di coerenza (rocce coerenti, incoerenti, pseudocoerenti e semicoerenti) e quindi della loro suscettibilità a processi di erosione idrica e in massa. In particolare è possibile distinguere (cfr. figura 3.2), tralasciando le unità di copertura di tipo glaciali, fluviali, fluvio-lacustri, litorali e di versante, sette principali unità di substrato. Queste sono rappresentate, a parte le unità composte essenzialmente da terreni carbonatici (Unità 10: Calcari e dolomie e Unità 8: Calcari, calcari con selce e marne), da terreni con erodibilità da media ad elevata, generalmente da incoerenti a semicoerenti o al più pseudocoerenti.

A tal riguardo va messo in evidenza nel settore centrale dell'area molisana, peraltro dotato di significativi dislivelli altimetrici locali e quindi elevate energie di rilievo, la prevalenza di unità composte da terreni essenzialmente pelitici (soprattutto Unità 6: sabbie, arenarie e marne e Unità 9: Argille e marne di vario colore), talora comprendenti e/o a contatto con termini più coerenti e quindi a comportamento essenzialmente fragile.

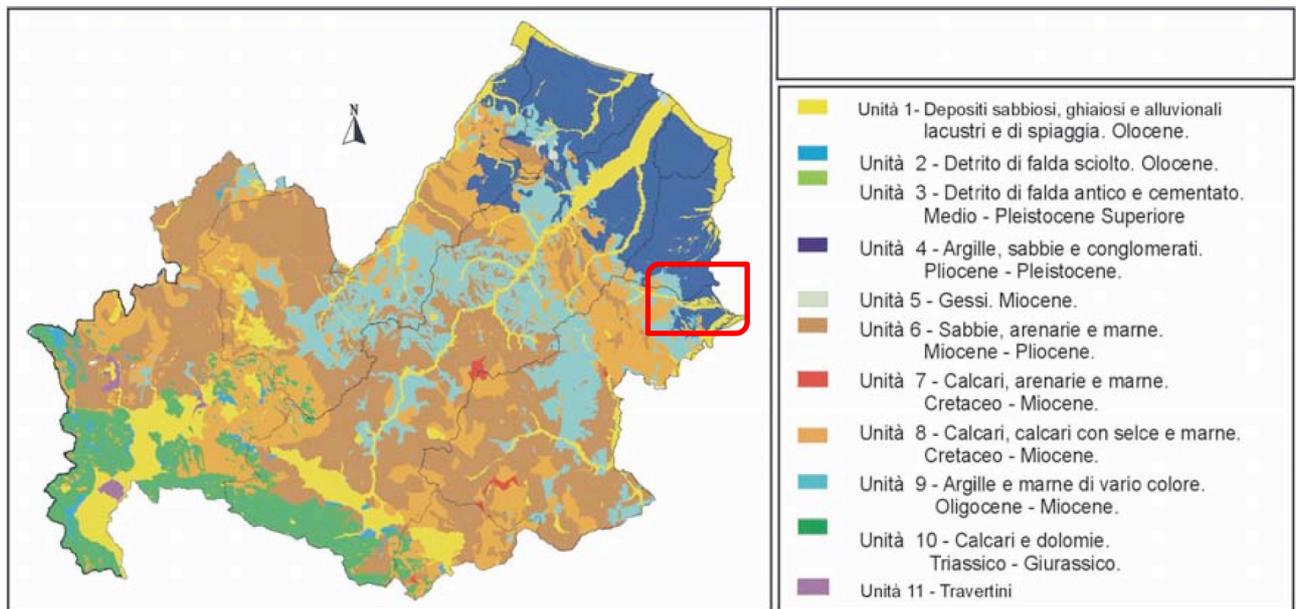


Figura 3.2 Unità stratigrafico-strutturali e ubicazione dell'area di studio.

L'area di precipuo interesse, se si fa riferimento, su area vasta, alla carta geologica d'Italia (scala 1:100000) ricade nel foglio n° 154 (cfr. figura 3.1). Nello specifico le opere di progetto insistono su un'area ricoperta prevalentemente da terreni sabbiosi di età Plio- Pleistocenica. Solo a sud ovest, alle pendici dei rilievi della Daunia e di Melfi, affiorano rocce preplioceniche con facies di "flysch". Qui i rilievi collinari raggiungono quote intorno ai 500 metri s.l.m. e presentano una morfologia dolce con versanti moderatamente acclivi. Solo la sommità di alcune alture si mostra aspra e scoscesa in corrispondenza di limitati affioramenti di calcari, brecce e arenarie mediamente compatte. Nel territorio ad Ovest di Lucito la morfologia è quella propria di tutta l'area Molisana con vaste spianate inclinate debolmente verso il mare interrotte da valli ampie, solcate da torrenti e canali che condizionano e rendono ripidi i versanti. Manifestazioni di frane e di colamenti si riscontrano, con una certa frequenza in vaste aree dove prevalgono versanti in flysch.



Figura 3.3: stralcio della carta geologica d'Italia 1:100000 con indicazione delle opere di progetto

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceanoorinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

4 Geologia e geomorfologia dell'area di intervento

Come specificato in premessa l'area di intervento ricade nella provincia di Campobasso e più precisamente nei territori comunali di Santa Corce di Magliano e Rotello. Da un punto di vista geomorfologico-geografico le opere di progetto vanno ad interferire con i versanti vallivi e la valle del T. Tona che alimenta in sinistra orografica il Fiume Fortore. La geomorfologia è contraddistinta da rilievi dolci, interrotti localmente da dorsali di modeste dimensioni (cfr. CS334-GEO04-D: Carta geomorfologica). Il complesso delle formazioni affioranti è caratterizzato da uno stile tettonico a pieghe successive, ad assi ravvicinati, circa paralleli od incrociati disposti generalmente secondo la direzione appenninica (NO-SE).

Per quanto riguarda i terreni di posa delle opere di progetto si evidenzia quanto segue.

Tutti gli aerogeneratori insistono su un bedrock rappresentato dalla formazione di Montesecco costituita da argille da marnose a siltoso-sabbiose, di colore grigio-azzurro, con intercalazioni sabbiose, più frequenti in chiusura. In particolare gli aerogeneratori A03, A04, A08 e A09 poggiano su terreni di origine fluviale e/o fluvio-lacustre (sovrapposti alla formazione di Montesecco) rappresentati da ghiaie da poco a mediamente cementate, sabbie, argille sabbiose spesso ricoperte da un paleosuolo scuro (terre nere). Le opere di connessione attraversano prevalentemente i terreni di cui prima e, per un piccolo tratto, la formazione della Daunia (condotta di collegamento tra gli aerogeneratori A07, A08 e A03) e i depositi alluvionali della piana del torrente Tona costituiti prevalentemente da terreni limoso-argillosi posti a copertura delle argille di Montesecco (cfr. CS334-GEO02-D: Carta geolitologica).

In termini geomorfologici le pale eoliche si impostano in aree a bassa acclività (<15°) in corrispondenza di terrazzi alluvionali, su pianori sommitali o crinali di bacini idrografici secondari (cfr. CS334-GEO04-D: Carta geomorfologica).

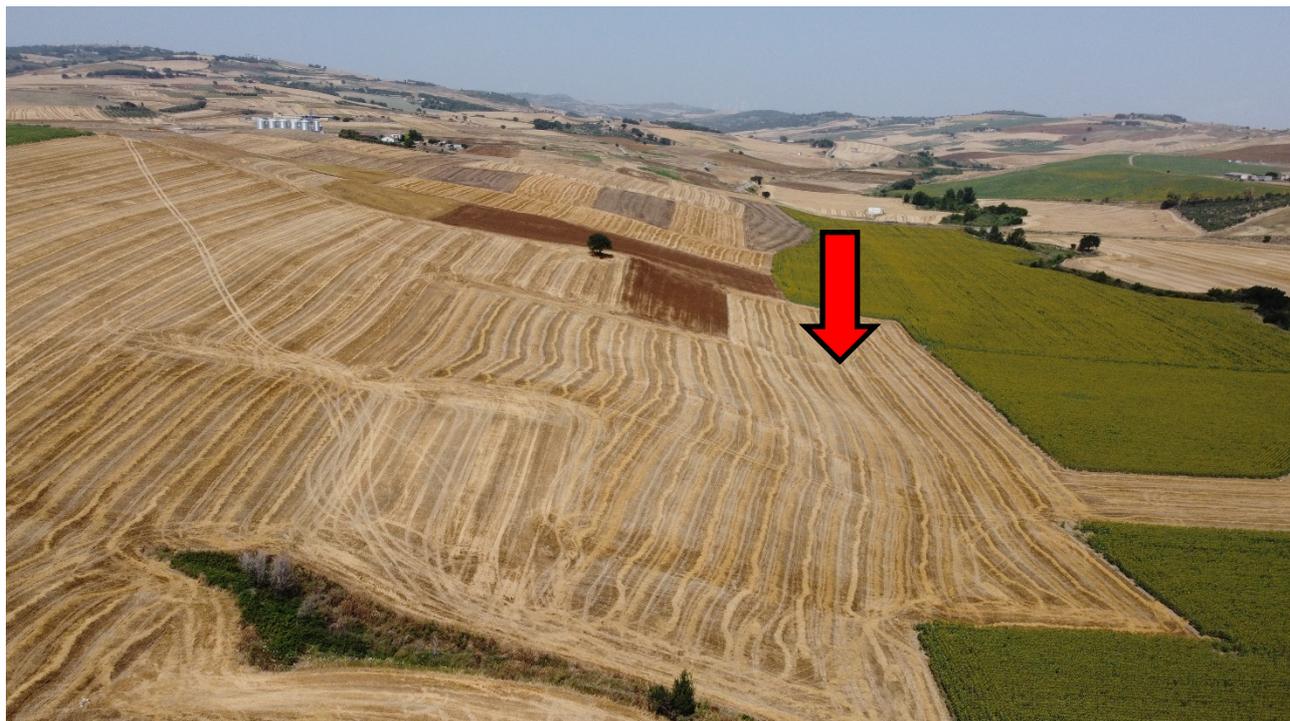
Nelle pagine che seguono si riportano le foto delle aree di potenziale installazione degli aerogeneratori come sa sopralluogo effettuato in data 22 giugno 2024.



Piano di posa orientativo aerogeneratore A09



Piano di posa orientativo aerogeneratore A07



Piano di posa orientativo aerogeneratore A06



Piano di posa orientativo aerogeneratore A02



Piano di posa orientativo aerogeneratore A08



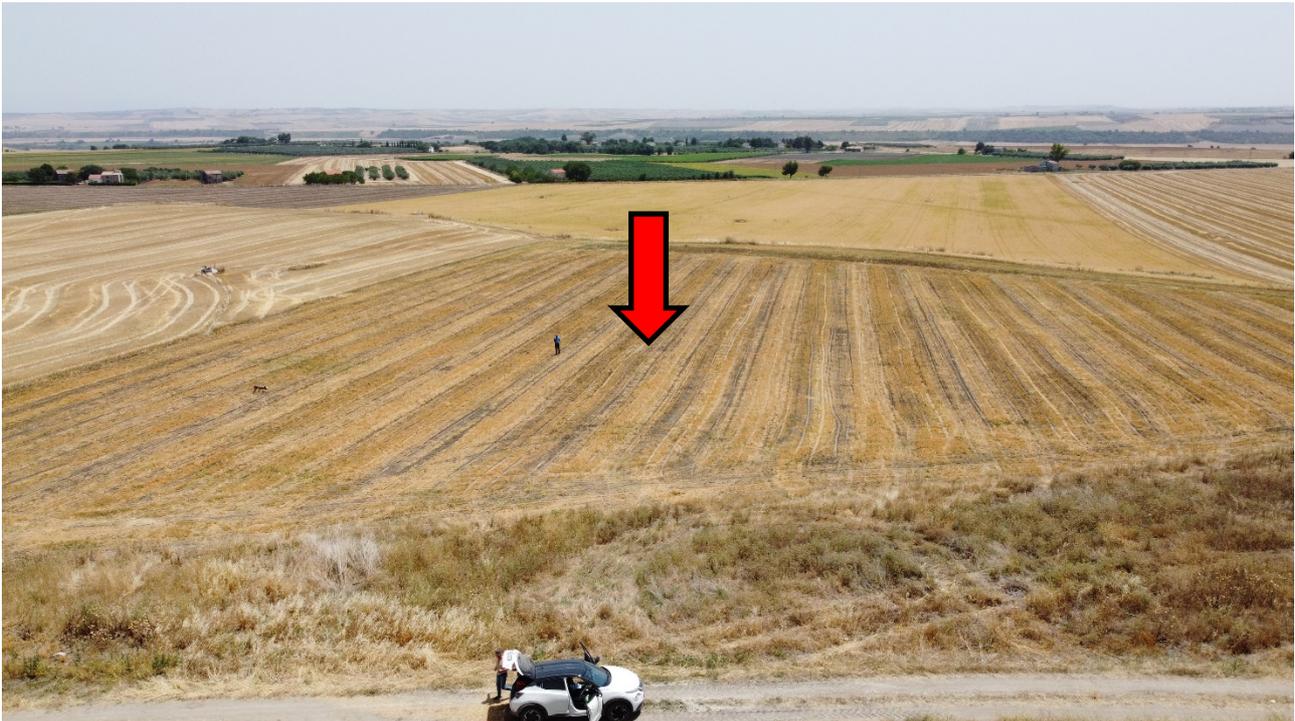
Piano di posa orientativo aerogeneratore A03



Piano di posa orientativo aerogeneratore A04



Piano di posa orientativo aerogeneratore A05



Piano di posa orientativo aerogeneratore A01

5 Idrogeologia

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area di intervento sono strettamente correlate con la natura delle formazioni presenti, dal loro grado di permeabilità e dalle condizioni clivometriche generali e locali.

In riferimento all'Appennino centro meridionale l'area di interesse ricade all'interno di un acquifero considerato minore ove, da un punto di vista idrolitologico, tenendo conto delle caratteristiche di permeabilità (tipo e grado) oltre che della natura litologica dei depositi affioranti sono stati riconosciuti sette complessi idrogeologici (cfr. figura 5.1).

Di questi, nell'area di precipuo interesse affiorano (cfr. CS334-GEO03-D: Carta idrogeomorfologica):

- **Complesso detritico alluvionale:** accorpa detriti di falda e corpi di frana oltre che depositi fluviali e fluvio - lacustri di età pleistocenica. Trattasi di acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi. Il tipo di permeabilità prevalente è per porosità, mentre il grado è generalmente medio. Localmente, esso può raggiungere valori elevati di permeabilità in funzione dell'assortimento granulometrico e del grado di cementazione come per esempio in corrispondenza delle aree di affioramento di falde detritiche (cfr. CS334-GEO03-D: Carta idrogeomorfologica);
- **Complesso argilloso:** costituito da argille ed argille sabbiose, di spessore variabile, riferibili ai cicli sedimentari pliocenici e pleistocenici presenta una permeabilità per porosità, mostra un grado di

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceano rinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

permeabilità molto basso costituendo un limite di permeabilità definito. Esso consente un modesto accumulo di acqua sotterranea nei terreni presenti al top qualora a prevalente componente sabbioso-conglomeratica (cfr. CS334-GEO03-D: Carta idrogeomorfologica);

- **Complesso Marnoso:** comprende marne, argille e marne argillose, con sottili intercalazioni arenacee e calcarenitiche. Il tipo di permeabilità prevalente è per porosità; il grado è molto basso e pertanto tale complesso può essere considerato impermeabile e svolge il ruolo idrogeologico di *aquiclude* nei confronti del più permeabile “*complesso della Daunia*” (complesso Calcarenitico-Arenaceo-Pelitico).
- **Complesso Calcarenitico-Arenaceo-Pelitico:** è presente solo in un piccolo settore dell’area di studio e accorpa alternanze ritmiche di calcareniti, brecciole, calcari organogeni, calcari marnosi, arenarie, marne e marne argillose con rari noduli e lenti di selce. In chiave idrogeologica si assiste ad un’alternanza piuttosto articolata di rocce acquifere e limiti impermeabili con localizzate venute a giorno delle acque di falda. Al deflusso sotterraneo più superficiale, che ha sede nelle coltri di alterazione e/o nelle litologie caratterizzate da grado di permeabilità più elevato, si aggiunge uno generalmente più profondo, allorquando:
 - l’assetto strutturale risulta particolarmente favorevole, come avviene, ad esempio, nel caso della presenza di strutture a “catino”;
 - la frazione calcareo e calcareo-arenitica fratturata, con spessori significativi, prevale su quella marnoso-argillosa.

Il tipo di permeabilità prevalente risulta essere per porosità e/o fratturazione mentre il grado di permeabilità relativo può considerarsi, nel complesso, variabile da basso a medio (cfr. CS334-GEO03-D: Carta idrogeomorfologica).

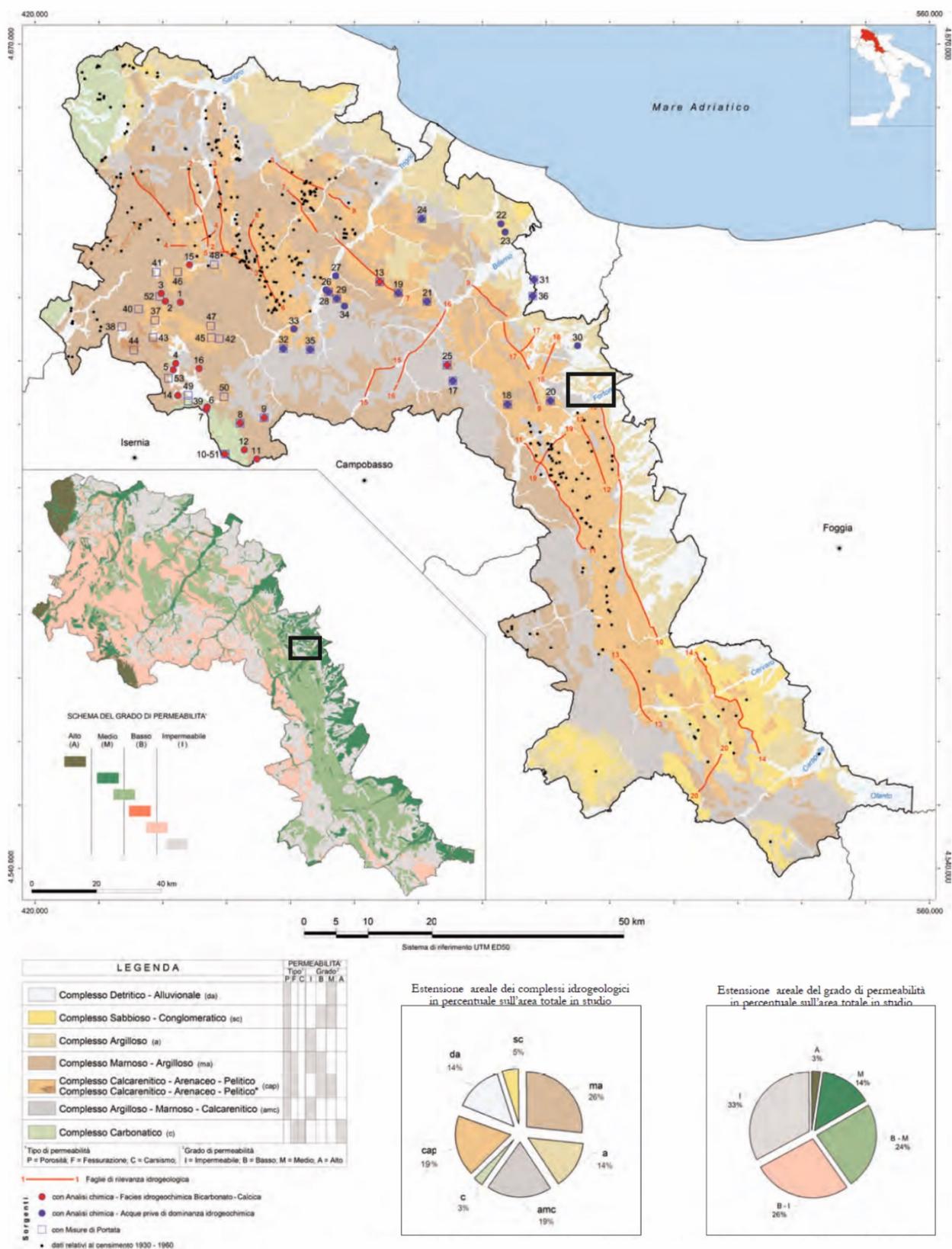


Figura 5.1: carta idrogeologica schematica con indicazione dell'area di interesse (da Bruno et alii, 2008)



6 Pericolosità idro-geomorfologica

Nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dalla ex Autorità di Bacino interregionale del Fiume Fortore (attuale Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale) la posizione degli aerogeneratori non interferisce mai direttamente con le aree indicate a pericolosità da frana ((cfr. CS323-GEO05-D: Carta della pericolosità da frana). Tutti gli aerogeneratori si collocano in aree morfologicamente a bassa pendenza ove non si segnalano fenomeni gravitativi in atto degni di nota. Si segnala però che l'aerogeneratore A03 è posto in prossimità del ciglio superiore della testata di un piccolo bacino secondario ove si registra una pericolosità per frana media (P2). Nella stessa area il progetto IFFI riporta una frana da colamento lento che al momento non interferisce con l'area di impostazione della pala eolica di progetto (cfr. figura 6.1).

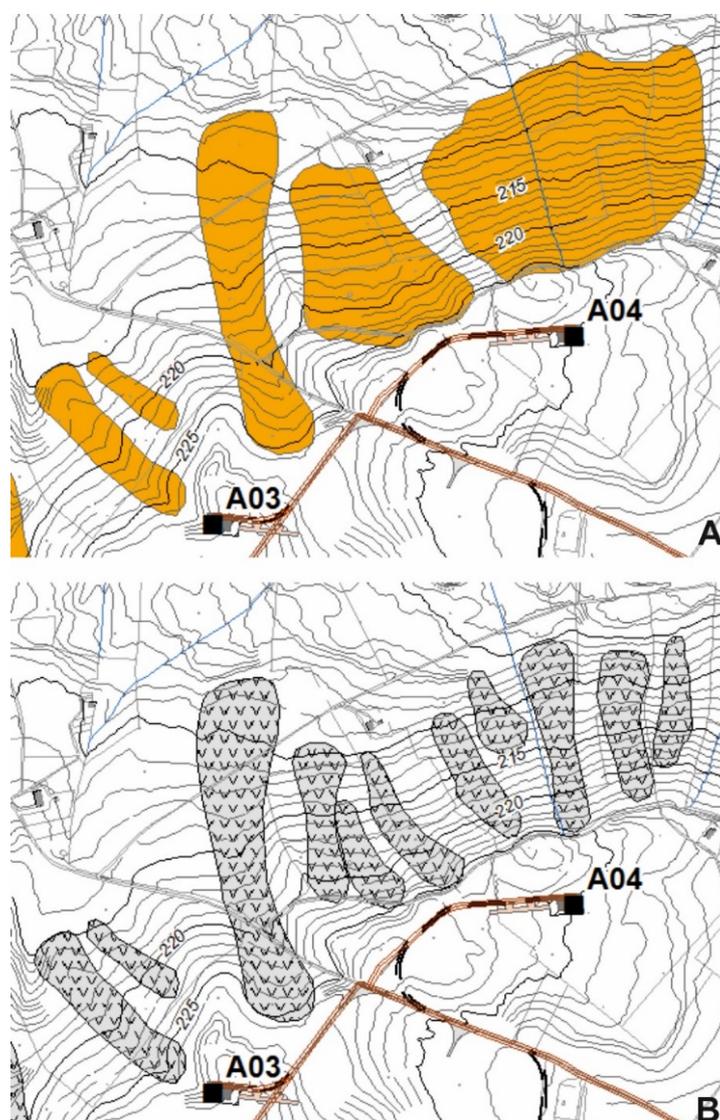


Figura 6.1: stralcio carta CS323-GEO05-D: Carta della pericolosità da frana (A) e del progetto IFFI (B) con indicazione della vicinanza dell'area a pericolosità P2 e della frana di colamento lento all'aerogeneratore A03

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceano rinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

Il cavidotto di collegamento non intercetta nessuna area ritenuta a pericolosità da frana.

In termini di pericolosità idraulica (*cf. CS334-GEO06-D: Carta della pericolosità idraulica*) nessuna pala eolica interagisce con le aree considerate a pericolosità da bassa ad elevata nel PAI.

Il cavidotto interferisce infine con un'area a pericolosità da media ad elevata in corrispondenza dell'attraversamento del T. Tona. Per una stima più rigorosa delle interferenze delle opere a realizzare con le condizioni di pericolosità vigenti si rimanda ad approfondimenti in seno alla relazione idraulica redatta ed allegata al progetto in fieri.

7 Successione litostratigrafica e caratteristiche geotecniche dei terreni

La parametrizzazione geotecnica dei litotipi presenti nell'area di studio e nello specifico nelle aree di impostazione delle opere di progetto è stata ricavata dall'esame dei risultati di indagini eseguite nel corso di campagne di indagini realizzate in siti adiacenti e simili a quello in esame unitamente ad informazioni bibliografiche disponibili.

Valutazioni più precise e circostanziate deriveranno dalle indagini che saranno effettuate a supporto della successiva fase di progettazione del parco.

In generale, quindi, i parametri da considerare ai fini delle indicazioni dell'interazione terreno-struttura e della stabilità dell'area oggetto dell'intervento riguardano (*cf. tabella 7.1*) i depositi fluvio-lacustri (differenziati in base alla prevalenza della frazione sabbioso-ghiaiosa e argillosa) e le argille di Montesecco.

Nello specifico, per la frazione ghiaioso-sabbiosa dei depositi fluvio-lacustri, trattasi di depositi non coesivi costituiti da sabbia media e ghiaia arrotondata, ben assortita, densa, di bassa compressibilità e poco deformabile; per quella argillosa si tratta di depositi coesivi costituiti da limo argilloso-sabbioso, di consistenza elevata e medio-bassa compressibilità.

L'altra litologia presente nell'area che funge da bedrock principale degli aerogeneratori sono le argille di Montesecco. Esse presentano uno spessore rilevante e, dal punto di vista litologico, sono costituite da argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con talvolta intercalazioni sabbiose, più frequenti nella parte alta della formazione, che assumono una colorazione giallastra in superficie per alterazione.

Trattasi di depositi coesivi, riferibili ad argilla limosa, a consistenza elevata, poco compressibile ed impermeabile.

La tabella seguente sintetizza i valori indicativi dei principali parametri geotecnici dei terreni summenzionati:

LITOTIPI		PARAMETRI GEOTECNICI										
		Spessor e (m)	γ_{nat} (KN/m ³)	c_u (KN/m ²)	c' (KN/m ²)	ϕ' (deg.)	D_r (%)	I_c (ad.)	E (MPa)	E_{ed} (MPa)	ν	G (MPa)
Depositi alluvionali e fluvio-lacustri	Granulometria sabbioso-ghiaiosa	Max 5	16,7-17,6	-	0,049-0,098	10- 20	-	-	0,05-0,06	-	-	-
	Granulometria argilloso-sabbiosa	Max 3	17,6-18,6	-	0,019-0,098	15- 25	-	-	0,05-0,06	-	-	-
Argille	Granulometria Argilloso-limosa	n.d.	18,6-19,6	-	0,19- 0,29	25	-	-	0,07-0,15	-	-	-

Tabella 7.1: Legenda: γ (KN/m³) peso dell'unità di volume; c_u (KN/m²) = coesione non drenata; c' (KN/m²) = coesione efficace; c_{res} (KN/m²) = coesione efficace residua; ϕ' (deg.) = angolo di resistenza al taglio; ϕ (deg.) = angolo di resistenza al taglio residuo; D_r (%) = densità relativa; I_c (ad.) = indice di consistenza; E (MPa) = modulo di Young; E (MPa) = modulo edometrico; ν = modulo di Poisson; G (Mpa) = modulo di taglio; V_s (m/s)= velocità onde di taglio].

8 Sismicità dell'area e pericolosità sismica

Il territorio oggetto di intervento ricade nel distretto geografico compreso tra due regioni ad alto rischio quali l'Appennino meridionale e il Promontorio garganico notoriamente aree sismogenetiche attive.

Alcuni terremoti localizzati al confine tra Campania e Molise e tra Campania e Basilicata hanno provocato danni su aree estese migliaia di chilometri quadrati (cfr. Tabella 8.1).

Data	Intensità (MCS)	Aree interessate dal sisma
5 maggio 1456	XI	Italia Centro - Meridionale
19 agosto 1561	IX - X	Vallo di Diano (province di Salerno e Potenza)
5 giugno 1688	XI	Campania - Molise (province di Benevento, Caserta, Avellino, Campobasso, Isernia)
8 settembre 1694	X - XI	Irpinia-Basilicata (province di Avellino e Potenza)
14 marzo 1702	X	Sannio - Irpinia (province di Benevento ed Avellino)
29 novembre 1732	X -XI	Irpinia
9 aprile 1853	X	Irpinia e le alte valli dei fiumi Sele ed Ofanto
28 luglio 1883	X	Casamiciola - Isola d'Ischia
23 luglio 1930	X	Irpinia
23 novembre 1980	X	Irpinia-Basilicata

Tabella 8.1 – Elenco dei maggiori terremoti che hanno interessato il territorio regionale nell'ultimo millennio (Boschi et. al, 1997)

Nella figura 8.1 si riporta la carta della distribuzione dei terremoti da cui si può osservare che l'attività tellurica più intensa è localizzata nelle aree sismogenetiche del Matese, Sannio ed Irpinia della Campania.

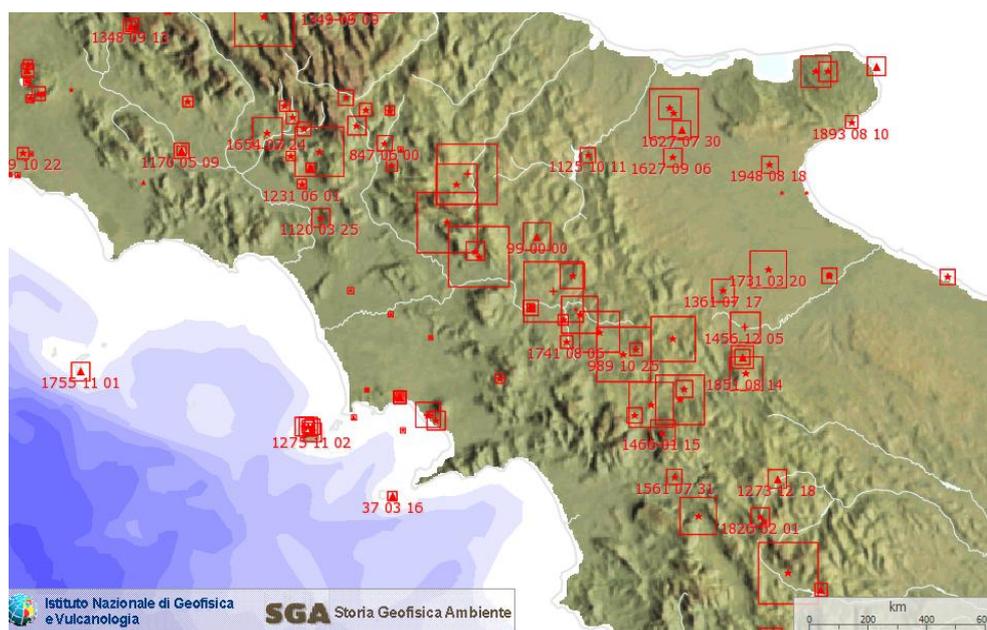


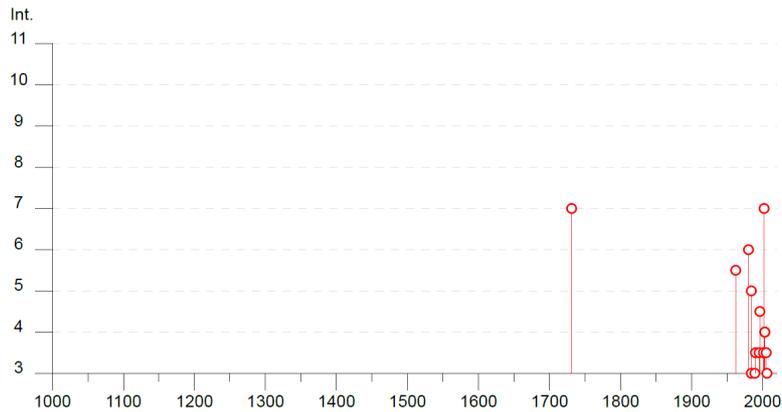
Figura 8.1: Ubicazione terremoti storici ed intensità relativa (Fonte: Sito INGV).

Si riportano a seguire i diagrammi e i dati macrosismici relativi ai comuni di Santa Croce di Magliano e Rotello provenienti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 - <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>) che fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019 (cfr. figure 8.2 e 8.3).



Santa Croce di Magliano

PlaceID IT_58816
Coordinate (lat, lon) 41.711, 14.991
Comune (ISTAT 2015) Santa Croce di Magliano
Provincia Campobasso
Regione Molise
Numero di eventi riportati 19

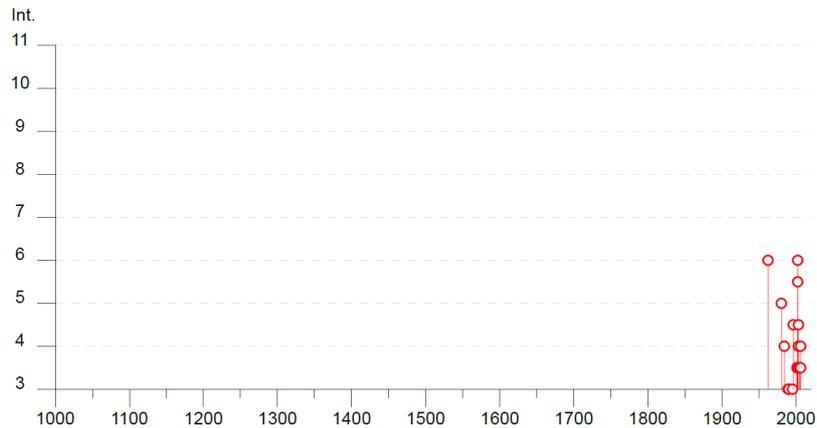


Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1731	03	20	03			Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
NC	1937	12	15	21	25		Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
6	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
5	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
3	1989	03	11	21	05		Gargano	61	5	4.34
3-4	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3-4	1995	09	30	10	14	3	Gargano	145	6	5.15
4-5	1996	11	10	23	23	1	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
3-4	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
7	2002	10	31	10	32	5	Molise	51	7-8	5.74
4	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
4	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
3-4	2005	03	01	05	41	3	Molise	136	4	3.68
3	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Figura 8.2: diagrammi e i dati macrosismici relativi al comune di Santa Croce di Magliano

**Rotello**

PlaceID IT_58790
 Coordinate (lat, lon) 41.749, 15.004
 Comune (ISTAT 2015) Rotello
 Provincia Campobasso
 Regione Molise
 Numero di eventi riportati 21



Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
NF	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64	
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15	
5	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86	
3	1989	03	11	21	05		Gargano	61	5	4.34	
3	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77	
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08	
3	1995	09	30	10	14	3	Gargano	145	6	5.15	
4-5	1996	11	10	23	23	1	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35	
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52	
3-4	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26	
6	2002	10	31	10	32	5	Molise	51	7-8	5.74	
5-6	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57	
3-4	2003	01	27	04	03	4	Molise	60	5	3.84	
3-4	2003	04	28	20	12	3	Molise	33	4-5	3.64	
4-5	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44	
4	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53	
3-4	2005	03	01	05	41	3	Molise	136	4	3.68	
4	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64	
NF	2006	10	04	17	34	2	Adriatico centrale	98	4-5	4.30	
3-4	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54		4.48	

Figura 8.4: diagrammi e i dati macrosismici relativi al comune di Rotello



La figura 8.5 illustra la zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale eseguita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV Gruppo di lavoro, 2004) secondo la quale la sismicità italiana può essere distribuita in 36 zone a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo.

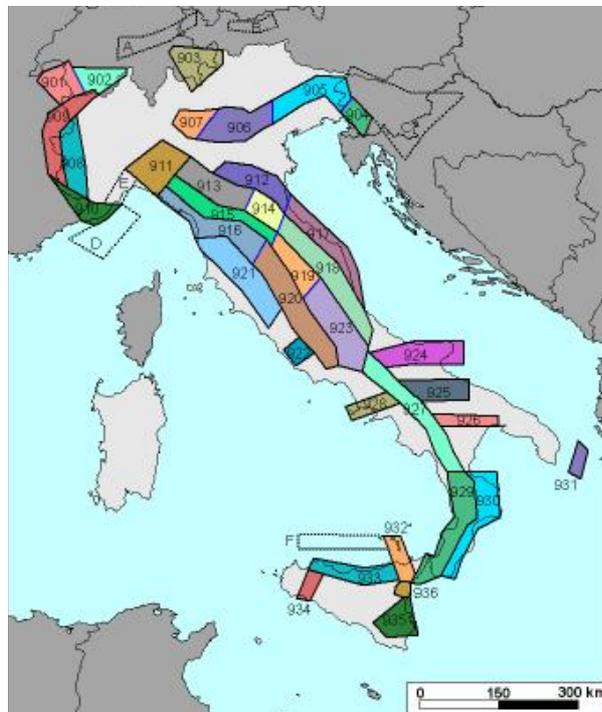


Figura 8.5: Zonazione sismogenetica ZS9

In tale scenario i territori comunali di Santa Croce di Magliano e Rotello ricadono all'interno della fascia sismogenetica 924 "Molise-Gargano, Ofanto Canale d'Otranto" con un valore massimo di magnitudo "M" pari a 6,83 (cfr. tabelle 8.2 e 8.3).

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

Tabella 8.2: Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche ZS9



Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7*
905	181	110	32	4.8	5-8	8*
906	41	34	13	4.7	5-8	8*
907	33	19	7	4.2	5-8	8*
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	283	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	382	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	348	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6*
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6*
921	97	63	9	4.0	1-5	4#
922	355	148	29	3.9	1-5	4#
923	1195	683	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3#
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10*
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	182	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	87	4.3	1-5	3#

Tabella 8.3: Valori di Magnitudo e classi di profondità

Nello specifico quindi i territori comunali di Santa Croce di Magliano e Rotello possono essere interessati dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici di origine tettonica e, pertanto, a seguito dell'O.P.C.M. n. 3274/2033 e s.m.i. detto Comune è stato classificato in zona sismica 2 (**media sismicità**) cui competono valori di a_g variabili tra 0,15 e 0,25 g (cfr. Tabella 8.4).

Zona	Accelerazione orizzontale con la probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 ÷ 0,25	0,25
3	0,05 ÷ 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Tabella 8.4: Valori di a_g espressi in frazione dell'accelerazione di gravità (g) da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale.



I suddetti valori sono anche illustrati nella Mappa della Pericolosità Sismica dell'Italia (cfr. figura 8.6), redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, 2004).

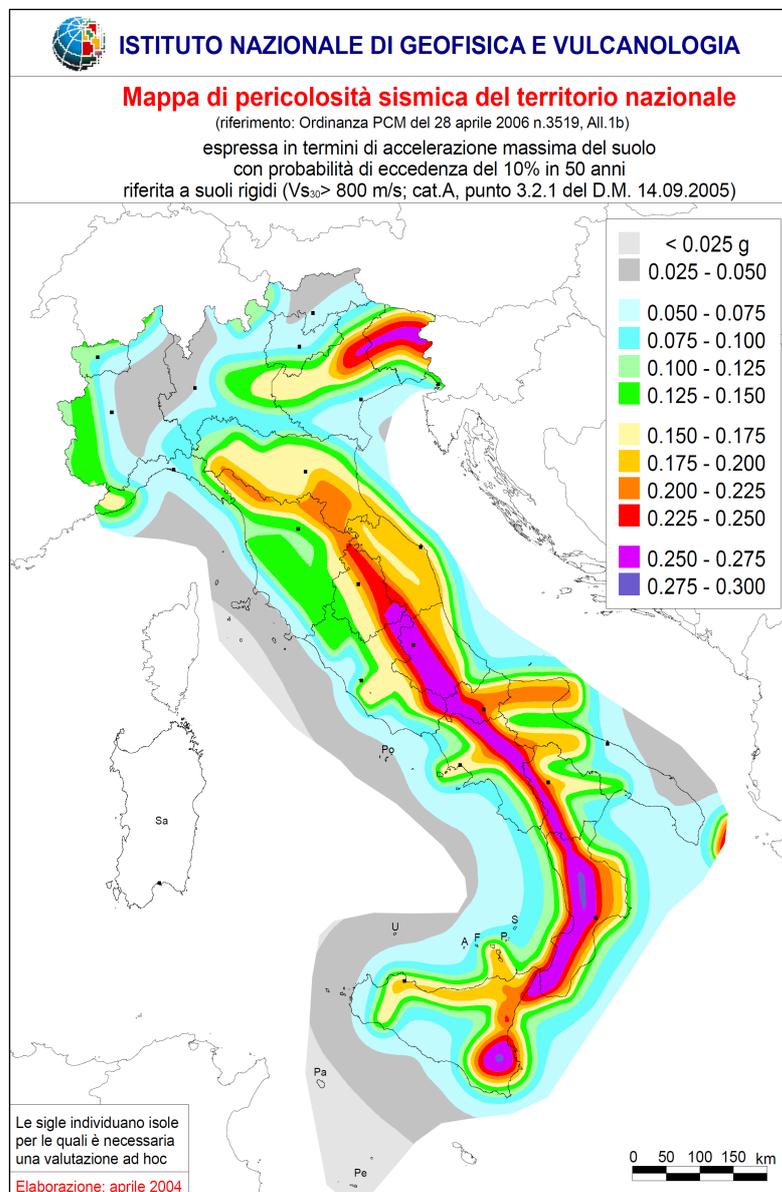


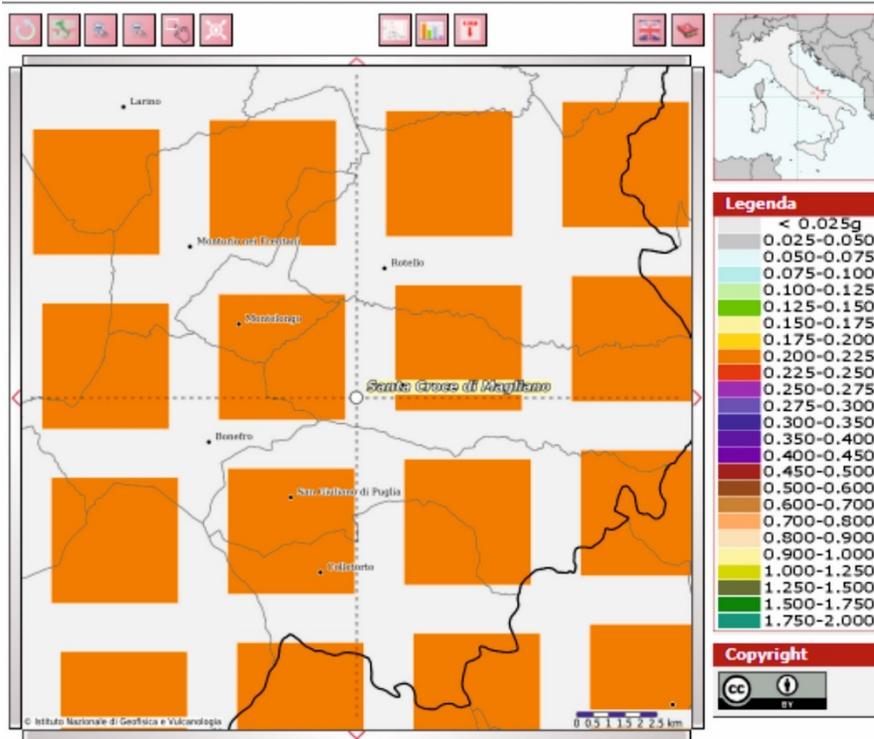
Figura 8.6: Mappa della Pericolosità Sismica del territorio nazionale.

In particolare i territori comunali di Santa Croce di Magliano e Rotello, come evidenziato nella figura 8.7 che riporta gli stralci ingranditi della mappa interattiva di Pericolosità sismica ripresa dal sito dell'INGV, si registra un valore di accelerazione $a(g)$ compreso tra 0,200 e 0,250 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento ag ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



SANTA CRODE DI MAGLIANO (CB)

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



ROTELLO (CB)

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

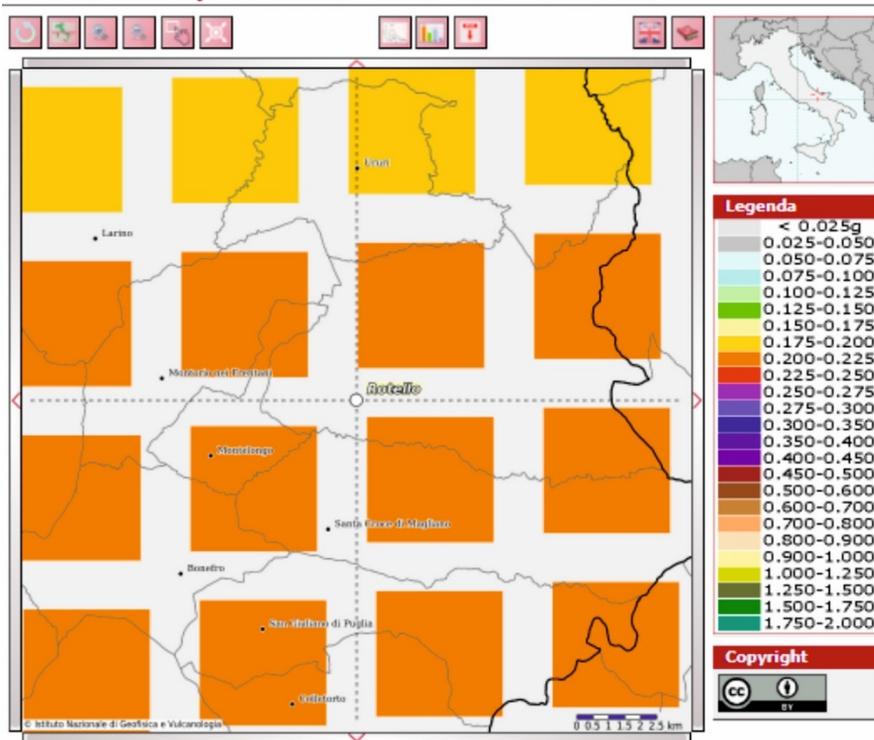


Figura 8.7: Stralci delle mappa interattiva di pericolosità sismica ingrandita e relativa legenda dei valori di $a(g)$ per i comuni di Santa Croce di Magliano e Rotello (fonte www.mi.ingv.it)

 OCEANO RINNOVABILI S.R.L. Largo Augusto n.3 20122 Milano pec:oceanoorinnovabili@legalmail.it	Relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica e sismica	Cod. CS334-GEO01.R	
		Data: LUGLIO 2024	Rev. 00

9 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del DM 17.01.2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 10.1, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 del citato DM. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

h_i spessore (in metri) dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella 9.1. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme in discorso.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Ciò posto, nel caso in esame i valori del parametro $V_{s,eq}$, desunti dalle indagini eseguite nei pressi delle aree in esame, riferite al p.c., in condizioni geologico-stratigrafiche simili a quelle di impostazione degli aerogeneratori permettono di associarle in termini di categoria di suolo, in maniera indicativa, a **C** ovvero *“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”*.

Al fine di addivenire ad una più accurata modellazione geologico-tecnica sarà necessario procedere ad un’attenta campagna di indagini geotecnica e sismica.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	$V_{s,eq}$
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>	> 800
B	<i>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.</i>	360 ÷ 800
C	<i>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.</i>	180 ÷ 360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.</i>	100 ÷ 180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>	

Tabella 9.1: Categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 17.01.2018 - prevedono che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (cfr. Tabella 9.2).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Inclinazione media (i) (deg)
T ₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	≤ 15
T ₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	> 15
T ₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	$15 \leq i \leq 30$
T ₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	$i > 30$

Tabella 9.2: Categorie topografiche.

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso di specie il coefficiente topografico secondo la suesposta classificazione per quanto attiene le aree di impostazione degli aerogeneratori è T₁.

Ottaviano, luglio 2024

Geol. Vittorio Emanuele Iervolino